

Título Plan de mejoras de la performance energética a partir de la Medición de Huella de Carbono

Tipo de Producto Informe Técnico

Autores Belmaña, María Lorena

Código del Proyecto y Título del Proyecto

C18T08 - Medición de Huella de Carbono

Responsable del Proyecto

Belmaña, María Lorena

Línea

Ciencias Agroambientales

Área Temática

Agroambiental

Fecha

Noviembre 2018

PLAN DE MEJORAS DE LA PERFORMANCE ENERGÉTICA A PARTIR DE LA MEDICIÓN DE HUELLA DE CARBONO

Noviembre 30, 2018



**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

Resumen:

En el marco de un trabajo de medición del indicador de Huella de Carbono, con un alcance 1 + 2, se ha desarrollado este informe técnico sobre la detección de oportunidades de mejora de la performance energética de una curtiembre localizada en la provincia de Bs. As.

Se han incluido medidas de reducción del consumo energético, mejora de la eficiencia energética, mejora de las fuentes energéticas y mejora del uso de la energía.

Como indicador de esta mejora se utilizó de la Huella de Carbono, logrando mejoras en las emisiones de alcance 1 del 35,2%, en el alcance 2 del 80,0%. Lo que representa una disminución total del 47,8%.

Contenidos

1. OBJETIVOS.....	4
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
2. MARCO TEORICO	4
2.1. CAMBIO CLIMATICO Y HUELLA DE CARBONO	4
2.2 GESTION DE LA ENERGÍA	7
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	8
4. CÁLCULOS DE LA HUELLA DE CARBONO	10
4.1 LÍMITES DE LA ORGANIZACIÓN Y LÍMITES OPERATIVOS	10
4.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE GEI	10
4.3 PERÍODO DE CÁLCULO	11
4.4 DATOS DE ACTIVIDAD DE LAS OPERACIONES	11
4.5 SELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN	11
4.6 CÁLCULO INDIVIDUAL E INTEGRADO DE CADA UNO DE LOS GASES	12
4.7. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO	16
5. PROPUESTAS DE MEJORA	17
5.1 FUENTES ASOCIADAS AL ALCANCE 1	17
5.1 FUENTES ASOCIADAS AL ALCANCE 1	17
5.1.1 COMBUSTIÓN FIJA DE GAS NATURAL	17
5.1.2 COMBUSTIÓN MÓVIL GLP	18
5.1.3 EMISIONES DEL PROCESO DE CURTIDO	18
5.1.4 EMISIONES DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	18
5.1.5 EMISIONES FUGITIVAS DE LOS EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN	19
5.2 FUENTES ASOCIADAS AL ALCANCE 2	19
6 MEDICIÓN DE LAS MEJORAS	15
6.1 CÁLCULO INDIVIDUAL E INTEGRADO DE CADA UNO DE LOS GASES	21
6.2. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO	21
7. CONCLUSIONES	25
8. BIBLIOGRAFÍA.....	25
9. ANEXOS.....	26

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

- Desarrollar un plan de mejoras del desempeño energético, utilizando como herramienta de medición la Huella de Carbono.

2. Marco teórico

2.1 Cambio climático y Huella de Carbono

Es un indicador que permite contabilizar la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto.

Su utilidad radica en conocer el impacto que genera un individuo, organización, evento o producto sobre el calentamiento global.

El efecto invernadero, proceso natural que permite la regulación de la temperatura de la Tierra, se ve afectado por el incremento de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Estos gases retienen parte de las radiaciones infrarrojas que son reemitidas al espacio, por lo tanto, queda retenida en la atmósfera una cantidad mayor de energía, lo que ocasiona el incremento de la temperatura promedio, conocido como cambio climático.

En 1997, en el Protocolo de Kyoto, y posteriormente en el año 2007, se definieron los gases de efecto invernadero.

- Dióxido de carbono CO₂
- Metano CH₄
- Óxido nitroso N₂O
- Hidrofluorocarbonos HFCs
- Perfluorurocarbonos PFCs
- Hexafluoruro de azufre SF₆
- Trifluoruro de nitrógeno NF₃

Dado que la Huella de Carbono contabiliza todas las emisiones de estos gases, utiliza como unidad de integración la cantidad de dióxido equivalente. Esto significa que la cantidad emitida de un gas de efecto invernadero diferente al dióxido de carbono debe ser igualada a una

cantidad de dióxido de carbono que genere un efecto equivalente a éste. Para este proceso de “traducción” se utilizan los potenciales de calentamiento global (PCG).

El PCG se define en función de la capacidad que tienen cada uno de los gases de absorber la radiación infrarroja de la Tierra y su tiempo de permanencia en el ambiente, en comparación con el causado por dióxido de carbono. Dado que los gases poseen una vida media muy variada, se definen los PCG en diferentes escalas temporales. Los gases CO₂, CH₄, N₂O forman parte de los ciclos planetarios biológicos, químicos y/o geofísicos, por lo tanto, su permanencia en la atmósfera es menor a los gases que no forman parte de estos ciclos, HFCs, PFCs, SF₆, NF₃. La permanencia de estos últimos puede ser de cientos o miles de años.

Según el IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, los PCG a 100 años son:

Gas de efecto invernadero		PCG (100 años)
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Óxido nitroso	N ₂ O	298
Hidrofluorocarbonos	HFCs	100 – 15.000
Perfluorurocarbonos	PFCs	7.000 – 12.200
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	22.800
Trifluoruro de nitrógeno	NF ₃	17.200

El PCG del CH₄ es igual a 25. Esto significa que su poder para generar calentamiento es 25 veces mayor al poder que posee el CO₂. Dicho de otra forma, 1 gramo de CH₄ genera un efecto de calentamiento igual a 25 gramos de CO₂.

La implementación de la Huella de Carbono puede tener tres alcances diferentes:

Alcance 1: tiene en cuenta todas las emisiones directas de gases de efecto invernadero, por ejemplo, los desplazamientos de vehículos, consumo de combustibles fósiles en calderas y hornos, emisiones por procesos productivos, equipos de refrigeración, etc.

Alcance 2: tiene en cuenta las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero solamente asociadas a la generación de energía eléctrica que consume la organización, evento, persona o producto.

Alcance 3: tiene en cuenta todas las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero con orígenes diferentes a la generación de energía eléctrica, por ejemplo producción de materias primas, uso de productos, viajes de negocios, vehículos contratados, actividades tercerizadas, depósito de residuos, etc.

Lo más común es realizar la medición de la Huella de Carbono de alcance 1 + 2, para evitar duplicidad en los cálculos. Por ejemplo, si realizara el cálculo de la Huella de Carbono en una organización con un alcance 3 debiera sumar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas durante la producción de una materia prima utilizada, pero si el proveedor de dicha materia prima también realizara el cálculo, sumaría las mismas emisiones de gases de efecto invernadero, pero como generadas en su proceso productivo.

Hoy en día, la principal fuente de energía es la asociada a los combustibles fósiles. Según la matriz energética informada en el año 2017 por el Ministerio de Hacienda de la Nación, el 54,0% de la energía consumida en el país proviene del gas natural, el 31,2% proviene del petróleo y el 1,3% del carbón, todos ellos combustibles fósiles, que totalizan el 86,5% de toda la energía consumida.

Dado que éstos combustibles generan gases de efecto invernadero, lo que a su vez provoca el incremento del efecto invernadero y en consecuencia calentamiento global, es de vital importancia controlar este consumo. Una de las estrategias implementadas, en este tema, por los Estados y las empresas es la gestión energética.

2.2. Gestión energética

Según la Organización Internacional de Normalización (ISO), en su norma 50001: 2011 de Sistemas Gestión de la energía, relaciona a la gestión energética con la mejora del uso de la energía y esta a su vez la vincula con tres conceptos fundamentales:

- **La eficiencia energética:** Proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía, (eficiencia de conversión; energía requerida/energía utilizada; salida/entrada; valor teórico de la energía utilizada/energía real utilizada).
- **El uso de la energía:** Forma o tipo de aplicación de la energía (ventilación, iluminación, calefacción, refrigeración, transporte, procesos)
- **El consumo de la energía:** Cantidad de energía utilizada.

Y todo esto debe ir acompañado con el uso, en lo posible de energías renovables

Muchas veces cuando se hable de eficiencia energética también se menciona a la intensidad energética, que se calcula como el cociente entre el consumo energético de una economía y su producto bruto interno (PBI).

El consumo energético se está incrementando por dos razones fundamentales. Por un lado, el desarrollo tecnológico y la evolución de las sociedades generan cambios de hábitos que implican mayores niveles de consumo energético. Según el Banco Mundial en los últimos 10 años se incrementó, el consumo per cápita, más del 20%. Por otro lado, el incremento del consumo energético se debe al crecimiento de la población. Según la Revisión de las Perspectivas de Población mundial, realizada por la ONU en el año 2015, la población mundial actual es de 7.300 millones de habitantes y se espera para el año 2030 que ascienda a 8.500 millones y para el año 2050 que sea de 9.700 millones. Para el año 2030, por el crecimiento de la población se espera que el crecimiento del consumo energético sea del 53%, imaginando que el consumo per cápita no se altere, lo que implicaría un incremento de las emisiones de dióxido de carbono del 55%.

Sólo con la eficiencia energética se puede esperar que el incremento de consumo energético sea sólo del 165 y no del 53%, lo que implicaría que el incremento de las emisiones de dióxidos de carbono no sea del 55% sino del 11%. estos datos fueron extraídos de un estudio realizado por la compañía BASF (www.basf.com/climate).

3. Descripción del proceso productivo

El curtido es el proceso que transforma a las pieles de animales en cuero, con el objetivo de evitar su descomposición y facilitar su uso en la fabricación de diversos productos.

El curtido estabiliza las fibras de colágeno de la piel con agentes curtientes, a partir de la formación de complejos tipo quelatos.

El proceso de curtido se compone de las siguientes etapas:

1. Rivera
2. Curtido
3. Acabado en húmedo
4. Acabado en seco

3.1. Ribera: Prepara la piel para ser curtida (sea fresca o salada), se limpia y acondiciona, hasta que es dividida en dos capas. Las operaciones involucradas son:

1. Recepción de materia prima: Descarga de las pieles. Si las mismas no se pueden procesar en el día se salan, se almacenan y se procesan al día siguiente.
2. Recorte: Eliminación de las zonas del cuero que no sirven.
3. Descarne: Retiro de manera mecánica de los restos grasas de la piel.
4. Remojo: Rehidratar la piel, eliminar la sal y otros elementos como sangre, excrementos y suciedad en general.
5. Pelambre y encalado: Retirar el pelo y epidermis de las pieles, utilizando cal y sulfuro de sodio, esto produce un hinchamiento alcalino que permite abrir las fibras de colágeno y preparar las pieles para el curtido.
6. Secado: Eliminar el exceso de agua por presión. No se seca.
7. Clasificación: Separa por tamaño y espesor.

8. Descarne: Eliminar de manera mecánica la grasa natural del tejido conjuntivo, a través de la máquina descarnadora.
9. Dividido: Separar la piel en dos capas (flor y carnaza), mediante una cuchilla.

3.2. Curtido: Prepara las pieles para ser transformadas en materiales fuertes y resistentes a la putrefacción por medio de agentes curtientes que se fijan en las fibras de colágeno, estabilizándolas a través de uniones cruzadas (es decir, uniones químicas entre fibras). Se utilizan sales de cromo. Las operaciones involucradas son:

1. Desencalado: Remoción de los diferentes productos contenidos en la piel. Permite su neutralización y detiene su hinchamiento.
2. Purga enzimática: Aflojamiento de las fibras de colágeno con enzimas y limpieza de la piel de restos de epidermis, pelo y grasa no eliminados en operaciones anteriores.
3. Piquelado: Llevar las pieles al pH requerido para el curtido (entre 2.8 y 3.5) con sal y ácidos (sulfúrico, clorhídrico o fórmico).
4. Curtido al cromo: Transformación de la piel en un producto resistente a la putrefacción (wet-blue), haciendo reaccionar el colágeno de la piel con el agente curtiente, sales de cromo trivalente.
5. Ecurrido: Retiro de la humedad, estirado de las partes arrugadas y uniformidad del espesor.
6. Rebajado: Calibrado final del espesor al wet blue, utilizando una máquina provista de cuchillas que giran a gran velocidad

3.3. Acabado en húmedo: esta etapa se realiza en función de las características de suavidad, color y tacto requeridos en el producto final. Para esta etapa se identifican los siguientes procesos y operaciones:

1. Recurtido: Concede al wet-blue sus características finales, en cuanto a resistencia y firmeza, dependiendo de su uso final.
2. Teñido y engrase: Proporción del color determinado, textura, llenura, suavidad y flexibilidad.
3. Ecurrido: Retiro de la humedad y eliminación de las arrugas del lado de la flor mediante rodillos con felpa

3.4. Acabado en seco: Otorgamiento al cuero del aspecto final de color y brillo y control de posibles imperfecciones del producto. Esta etapa se encuentra compuesta por las siguientes operaciones:

1. Secado: Extracción de un porcentaje considerable de humedad al wet-blue.
2. Ablandado: Mitigación de la firmeza del cuero para generar más suavidad.
3. Esmerilado: Lijado para igualar y corregir defectos del lado de la flor.
4. Desempolvado: Eliminación del polvo fino residual de la operación de esmerilado.
5. Pigmentado: Pintado de la superficie del cuero.
6. Planchado: Prensado del cuero.
7. Control: Determinación del espesor del cuero y otras características.
8. Almacenado: Deposito del cuero terminado para su protección, uso y/o comercialización.

4. Cálculo de la Huella de Carbono

4.1. Definición de límites de la organización y operativos

Para el cálculo fueron consideradas todas las actividades desarrolladas en el predio en “la provincia de Bs. As.” Sean tanto productivas como administrativas.

4.2. Identificación de las fuentes de gases de efecto invernadero

Las emisiones de gases de efecto invernadero identificadas fueron:

Fuentes de emisiones	Emisión directa	Emisión indirecta
Emisiones por la combustión de gas natural en la caldera e instalaciones de las oficinas administrativas	X	
Emisiones por el uso de los medios de transporte dentro de las instalaciones	X	
Emisiones durante el curtido	X	
Emisiones durante el tratamiento de los efluentes	X	
Emisiones fugitivas de los equipos de refrigeración	X	

Emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica utilizada en las diferentes etapas del proceso productivo como en las instalaciones administrativas		X
--	--	---

4.3. Definición del período de cálculo: 8/2017 – 8/2018

4.4. Determinación de los datos de actividad de las operaciones:

Fuentes de emisiones	Factor de actividad	Fuente de datos utilizada
Emisiones por la combustión de gas natural en la caldera e instalaciones de las oficinas administrativas	1.239.28 m ³ /año 34,51 Gj/1000m ³ = 111,79 Gj/ m ³	Facturas de la compañía prestadora
Emisiones por el uso de los medios de transporte dentro de las instalaciones	120 Tn /año	
Emisiones durante el curtido	31.680.000 kg cuero / año 3% P/P de sulfato de cromo para el curtido = 950.400 kg sulfato de cromo / año	Registros de producción Proporción utilizada en el proceso Cálculo
Emisiones durante el tratamiento de los efluentes		
Emisiones fugitivas de los equipos de refrigeración	28 equipos con 35 kg de R22 46 equipos con 54 kg de R410A	Relevamiento en planta
Emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica utilizada en las diferentes etapas del proceso productivo como en las instalaciones administrativas	14.616.960 kwh / año	Facturas de la compañía prestadora

4.5. Selección de los factores de emisión:

Fuentes de emisiones	Factor de actividad	Factor de emisión
Emisiones por la combustión de gas natural en la caldera e instalaciones de las oficinas administrativas	1.239.29 m ³ /año 34,51 Gj/1000m ³ = 111,79 Gj/ m ³	56,1 kg CO ₂ / Gj 25 Kg CO _{2eq} / Kg CH ₄ 298 Kg CO _{2eq} / Kg N ₂ O

Emisiones por el uso de los medios de transporte dentro de las instalaciones (GLP)	120 Tn /año 47,30 Gj /Tn GLP = 5676 Gj / año	63,1 TN CO ₂ /TJ 1 kg CH ₄ /TJ
Emisiones durante el curtido	31.680.000 kg cuero / año 3% P/P de sulfato de cromo para el curtido = 950.400 kg sulfato de cromo / año	392 g de Cr ₂ (SO ₄) ₃ / 132 g CO ₂ / TN CO ₂ eq /TJ
Emisiones durante el tratamiento de los efluentes	3000 m ³ / día (DQO de 2000 a 100)	0,25 kg CH ₄ / kg DQO
Emisiones fugitivas de los equipos de refrigeración	28 equipos con 35 kg de R22 46 equipos con 54 kg de R410A	R22 = 1810 kgCO ₂ eq / kg HFC 22 R410A = 675 kgCO ₂ eq / kg HFC 32 + 3500 kgCO ₂ eq / kg HFC 125 (1)
Emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica utilizada en las diferentes etapas del proceso productivo como en las instalaciones administrativas	14.616.960 kwh / año	0,535 Tn CO ₂ eq / Mwh

4.6. Cálculo individual e integrado para cada una de las fuentes:

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a las emisiones originadas por la combustión de gas natural en la caldera e instalaciones de las oficinas administrativas**

Emisiones = Consumo x Poder calorífico Inferior x Factor de Emisión

Emisiones CO₂

Emisiones CO₂ = 3.239.028 m³/año x 34,51 Gj/1000m³ x 56,1 kg CO₂ / Gj

Emisiones CO₂ = 6.270.793 KgCO₂ /año

Emisiones CH₄

Emisiones CH₄ = 3.239.028 m³/año x 34,51 Gj/1000m³ x 1 kg CH₄ / Tj x 1 Tj/10³ Gj

Emisiones CH₄ = 111,78 Kg CH₄ /año

Emisiones CH₄ = 111,78 Kg CH₄ /año x 25 Kg CO₂eq / Kg CH₄

Emisiones CH₄ = 2794,5 Kg CO₂eq /año

Emisiones N₂O

Emisiones N₂O = 3.239.028 m³/año x 34,51 GJ/1000m³ x 0,1 kg N₂O / Tj x 1 Tj/10³ GJ

Emisiones N₂O = 11,18 Kg N₂O /año

Emisiones N₂O = 11,18 Kg N₂O /año x 298 Kg CO_{2eq} / Kg N₂O

Emisiones N₂O = 3331 Kg CO_{2eq} /año

Emisiones Totales

Emisiones Totales = 6.276.918,5 Kg CO_{2eq} /año

Emisiones Totales = 6.277 Tn CO_{2eq} /año

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a las emisiones del GLP utilizado en los medios de transporte dentro de las instalaciones**

Consumo = 120 Tn /año

Emisiones = Consumo x Poder calorífico x Factor de emisión

Emisiones CO₂

Emisiones CO₂ = 120 Tn GLP/año x 47,30 GJ/Tn GLP X 63,1 TN CO₂/TJ x 1 Tj/10³ GJ x 10³kg CO₂ / Tn CO₂ = 358.155 kg CO₂/año

Emisiones CH₄

Emisiones CH₄ = 120 Tn GLP/año x 47,30 GJ/Tn GLP X 62 TNg CH₄/TJ x 1 Tj/10³ = 351.912 kg CO_{2eq} /año

Emisiones totales

Total de Emisiones por combustión móvil = 358.155 kg CO₂/año + 5,8 kg CO_{2eq}/año + 0,57 kg CO_{2eq}/año

Total de Emisiones por combustión móvil = 358.161,37 kg CO_{2eq}/año

Total de Emisiones por combustión móvil = 358 Tn CO₂/año

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a las emisiones generadas durante el proceso de curtido**

Estequiometría de la reacción ocurrida en el proceso de curtido



1 mol de $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 = 392 \text{ g}$ _____ 3 moles $\text{CO}_2 = 132 \text{ g}$

Cantidad de cuero tratado

Cuero tratado = $30 \text{ kg} / \text{día} \times 4.000 \text{ cueros} / \text{día} \times 22 \text{ días} / \text{mes} \times 12 \text{ meses} / \text{año}$

Cuero tratado = $31.680.000 \text{ kg} \text{ cuero} / \text{año}$

Cantidad de sulfato de cromo utilizado

Sulfato de cromo = $3\% \text{ P/P} = 31.680.000 \text{ kg} \text{ cuero} / \text{año} \times 0,03 \text{ kg se sulfato de cromo} / \text{kg de cuero}$

Sulfato de cromo = $950.000 \text{ kg se sulfato de cromo} / \text{año}$

Emisiones totales

Emisiones totales = $950.400 \text{ kg de } \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 / \text{año} \times 132 \text{ g } \text{CO}_2 / 392 \text{ g } \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$

Emisiones totales = $319.898 \text{ kg } \text{CO}_2 / \text{año}$

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a las emisiones generadas durante el tratamiento de los efluentes**

El tratamiento de efluentes posee dos fases. El pretratamiento es un proceso aeróbico donde se produce la disminución de la materia orgánica desde el valor de $5.000 \text{ mg DQO} / \text{l}$ hasta $2.000 \text{ mg DQO} / \text{l}$. Durante este proceso se genera CO_2 , pero el mismo no se considera como actividad antropogénica, por lo tanto, no se contabiliza en el cálculo de la Huella de carbono. El tratamiento, fase anaeróbica genera gas metano, el cual si se contabiliza en el cálculo de la Huella de Carbono. En esta etapa la carga de materia orgánica disminuye desde $2000 \text{ mg DQO} / \text{l}$ hasta $100 \text{ mg DQO} / \text{l}$. la generación de gas metano está asociada a la degradación de la materia orgánica por el factor de emisión.

Generación de DQO

$\text{DQO} = 3000 \text{ m}^3 / \text{día} \times 22 \text{ días} / \text{mes} \times 12 \text{ meses} / \text{año} \times (2.000 \text{ mg DQO} / \text{l} - 100 \text{ mg DQO} / \text{l}) \times 10^3 \text{ l} / 1 \text{ m}^3 \times 1 \text{ kg } 10^6 \text{ mg} = 1.504.800 \text{ kg DQO} / \text{año}$

Emisiones de CH_4

Emisiones $\text{CH}_4 = 1.504.800 \text{ kg DQO} / \text{año} \times 0,25 \text{ kg } \text{CH}_4 / \text{kg DQO} = 376.200 \text{ kg } \text{CH}_4$

Emisiones $\text{CO}_2 \text{ eq}$

Emisiones $\text{CO}_2 \text{ eq} = 376.200 \text{ kg } \text{CH}_4 \times 25 \text{ kg } \text{CO}_2 / \text{kg } \text{CH}_4$

Emisiones CO₂ eq = 9.405.000 kg CO_{2eq} / año

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a las emisiones fugitivas de los equipos de refrigeración**

28 equipos con 35 kg de R22 con PCG 1810 kgCO₂ / kg R22

46 equipos con 54 kg de R410A compuesto por 50% CH₂F₂ – HFC 32 PCG 675 (27kg) y 50% CH₂F₂CF₃ – HFC 125 con PCG 3500 (27kg) y PCG 1810 kgCO₂ / kg R22

Emisiones generadas por HFC 22

HFC 22 = 35 kg/año x 1810 kgCO₂ / kg = 63.350 kgCO₂ / año

Emisiones generadas por HFC 32

HFC 32 = 27 kg/año x 675 kgCO₂ / kg = 18.225 kgCO₂ / año

Emisiones generadas por HFC 125

HFC 125 = 27 kg/año x 3500 kgCO₂ / kg = 94.500 kgCO₂ / año

Emisiones Totales

TOTAL de emisiones fugitivas = 176.075 kg CO_{2eq} / año = 176 Tn CO_{2eq} / año

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a emisiones generadas por la generación de energía eléctrica utilizada**

Emisiones = Consumo x % Energía no Renovable X Factor de Emisión

Emisiones = 14.616.960 kwh / año x (1-0,17) x 0,535 Tn CO_{2eq} / Mwh X 1 Mwh/ 10³ Kwh

Emisiones = 6.490,661 Tn CO_{2eq} / año

4.7. Cálculo de la Huella de Carbono

Alcance 1

Emisiones directas de GEI			
Combustión fija de gas natural	Combustión móvil (GLP)	Emisiones del proceso	Emisiones fugitivas

EMISIÓN	Emisiones Tn CO ₂ eq
Combustión fija de gas natural	6.277 Tn CO ₂ eq / año
Combustión móvil (GLP)	358 Tn CO ₂ /año
Emisiones del proceso	319 Tn CO ₂ /año + 9.405 Tn CO ₂ eq / año
Emisiones fugitivas	176 Tn CO ₂ eq / año
TOTAL	16.535 Tn CO₂eq / año

Alcance 2

Emisiones indirectas de GEI asociadas a la generación de energía eléctrica
Electricidad

EMISIÓN	Emisiones Tn CO ₂ eq
Generación de energía eléctrica	6.490 Tn CO ₂ eq / año
TOTAL	6.490 Tn CO₂eq / año

Alcance 1 + 2

EMISIÓN	Emisiones Tn CO ₂ eq
Alcance 1	16.535 Tn CO ₂ eq / año
Alcance 2	6.490 Tn CO ₂ eq / año
TOTAL	23.025 Tn CO ₂ eq / año

5. Propuestas de mejora

Dado que este trabajo se centra en la mejora de la eficiencia energética medida a través de la Huella de Carbono, la propuesta planteada se realizará a partir de las diferentes fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, buscando disminuir su generación.

5.1. Fuentes asociadas al alcance 1

5.1.1. Combustión fija de gas natural

5.1.1.1. Reemplazo del gas de origen no renovable por biogás autoproducido.

5.1.1.2. Aislamiento de cañerías

5.1.1.3. Mantener actualizado el hardware y el software: son los encargados del control y supervisión de las calderas: de esta manera se garantiza que las mismas funcionen de manera óptima. El hardware y el software pueden degradarse.

5.1.1.4. Controlar la entrada de aire a la caldera: de esta forma se controla la generación de inquemados que reducen la eficiencia de la caldera y las emisiones de monóxido de carbono.

5.1.1.5. Instalar pre calentadores para el aire de entrada a la caldera: calor residual de los gases de combustión se pueden utilizar para pre calentar el aire de combustión. Esto mejora la eficiencia de la caldera.

5.1.1.6. Mantener en condiciones los quemadores de las calderas.

5.1.1.7. Mantener en condiciones las instalaciones de las calderas.

5.1.2. Combustión móvil (GLP)

5.1.2.1. Reducción del consumo: analizar el lay out para disminuir el recorrido efectuado por los auto elevadores.

5.1.2.2. Utilizar baterías de ion litio: modificar estos transportes de forma tal que no utilicen como combustible el GLP. Las baterías de ion litio son de rápida carga, lenta descarga, de elevada densidad energética (pueden almacenar mucha energía en poco peso y volumen), larga vida (más de 3.000 ciclos de carga) y según un estudio realizado en el centro de investigación suizo Empa, (Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles), los vehículos que utilizan estas baterías generan un menor impacto ambiental que los vehículos que utilizan nafta. Estos últimos debieran consumir entre 3 y 4 litros de combustible para realizar 100 km para tener un impacto ambiental equivalente a los vehículos eléctricos, pero en realidad el consumo para 100 km es de 5,2 litros.

5.1.3. Emisiones del proceso de curtido

5.1.3.1. Reemplazar el proceso de curtido tradicional por un proceso de alto agotamiento de cromo: Es necesario analizar los consumos energéticos involucrados y las emisiones de dióxido de carbono propias de las reacciones químicas de cada uno de los procesos.

5.1.4. Emisiones del tratamiento de efluentes: por las características del proceso no es posible reducir las emisiones de metano generadas, por lo tanto, debiera pensarse en su captura y reutilización.

5.1.5. Emisiones fugitivas de los equipos de refrigeración

5.1.5.1. Regulación de la temperatura de ambientación: Al realizarse este control, los equipos se utilizarían menos tiempo, por lo tanto, es esperable que su deterioro disminuya y consecuentemente las pérdidas de los gases de refrigeración que se podrían ocurrir eventualmente.

5.1.5.2. Utilización de gases refrigerantes ecológicos

5.2. Fuentes asociadas al alcance 2

5.2.1. Consumo de energía eléctrica

5.2.1.1. Reducción del consumo de la iluminación: este aspecto presenta varios campos de aplicación y lograr oportunidades de mejora.

- **Analizar la antigüedad de las lámparas:** su flujo luminoso se ve depreciado por la cantidad de horas utilizadas, en función del tipo de lámpara (VER ANEXO 1)
- **Realizar actividades de limpieza sobre las luminarias:** esta actividad debe ser realizada periódicamente, ya que el nivel lumínico desciende (VER ANEXO 2)
- **Instalar sistemas de control:** dispositivos que se utilizan para controlar la luminosidad de la lámpara y el encendido y apagado de la instalación (VER ANEXO 3).

5.2.1.2 Mejora de la eficiencia de la iluminación:

- **Verificar la posición óptima:** la misma es definida por el fabricante, distancia, altura. orientación de las luminarias, de esta forma se garantiza el flujo lumínico y vida útil óptima.

- **Establecer un adecuado equilibrio entre temperaturas de color y nivel de iluminación.** (VER ANEXO 4)
- **Minimizar el impacto de la contaminación lumínica:** para ello es importante utilizar reflectores en las luminarias, dirigir el flujo luminoso siempre que sea posible y controla el contraste con zonas más o menos iluminadas que la analizada.
- **Recambio de todas las lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (LFCs) o LEDs:** ya que tienen una vida útil más larga y consumen menos energía eléctrica para producir la misma cantidad de luz (VER ANEXO 5)

5.2.1.3. Reducción del consumo por regulación del aire acondicionado: en las oficinas se puede reducir el consumo de energía eléctrica haciendo una adecuada regulación de la temperatura de los equipos de aire acondicionado. La temperatura confortable para el cuerpo humano varía entre 18 °C y 22 °C en el invierno y de 22 °C y 26 °C en verano.

5.2.1.4. Mejoras operativas en los compresores, bombas y otros equipos: verificar el factor de potencia y la contratación de potencia.

5.2.1.5. Analizar la posibilidad de implementar energías renovables: De acuerdo con la localización de la planta y la potencia consumida podría resultar apropiado la implementación de generación de energía eléctrica a partir de las siguientes fuentes renovables:

- **Solar fotovoltaica:** para generar energía eléctrica y reemplazar el consumo de cualquier equipo.
- **Solar térmica de baja temperatura:** Para generar agua caliente de uso sanitario o para los procesos productivos, si la temperatura alcanzada no es suficiente puede utilizarse como primera etapa de calentamiento y disminuir el uso de la caldera.

- **Eólica:** para generar energía eléctrica y reemplazar el consumo de cualquier equipo.
- **Biomasa:** utilizar los residuos orgánicos para generar biogás por medio de un proceso de fermentación anaeróbica. El gas obtenido puede reemplazar al gas comprado que es de origen no renovable.

6. Medición de las mejoras

Dado que el plan de mejoras no se ha podido definir, porque el mismo depende de las decisiones de la dirección de la empresa, los presupuestos disponibles y las prioridades planteadas por la misma, no se pudo hacer un nuevo cálculo de la Huella de Carbono para cuantificar las mejoras. De todas formas, se pueden hacer las siguientes estimaciones de las diferentes medidas propuestas.

6.1. Cálculo individual e integrado para cada una de las fuentes:

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a las emisiones originadas por la combustión de gas natural en la caldera e instalaciones de las oficinas administrativas**

Se estima que el consumo de gas podría disminuir en un 15% implementando las mejoras mencionadas.

Emisiones = Consumo x Poder calorífico Inferior x Factor de Emisión

Emisiones CO₂

Emisiones CO₂ = **2.753.174 m³/año** x 34,51 GJ/1000m³ x 56,1 kg CO₂ / GJ

Emisiones CO₂ = 5.330.175 KgCO₂ /año

Emisiones CH₄

Emisiones CH₄ = **2.753.174 m³/año** x 34,51 GJ/1000m³ x 1 kg CH₄ / Tj x 1 Tj/10³ GJ

Emisiones CH₄ = **95,012 Kg CH₄ /año**

Emisiones CH₄ = **95,012 Kg CH₄ /año** x 25 Kg CO_{2eq} / Kg CH₄

Emisiones CH₄ = 2.775,3 Kg CO_{2eq} /año

Emisiones N₂O

Emisiones N₂O = **2.753.174 m³/año** x 34,51 GJ/1000m³ x 0,1 kg N₂O / Tj x 1 Tj/10³ GJ

Emisiones N₂O = **9,50 Kg N₂O /año**

Emisiones N₂O = **9,50 Kg N₂O /año** x 298 Kg CO_{2eq} / Kg N₂O

Emisiones N₂O = 2.831,35 Kg CO_{2eq} /año

Emisiones Totales

Emisiones Totales = 5.335.380,7 Kg CO_{2eq} /año

Emisiones Totales = 5.335 Tn CO_{2eq} /año

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a las emisiones del GLP utilizado en los medios de transporte dentro de las instalaciones**

Se considera que se reemplaza el GLP por auto elevadores eléctricos que utilicen baterías de ion litio. Para estimar la disminución de las emisiones se utiliza la relación mencionada en el desarrollo de esta mejora para el cálculo de energía utilizada y ese valor se lo adjudica al consumo energético, por ello el total de emisiones en este ítem se reduce a cero.

Consumo = **80,8 Tn /año**

Emisiones = Consumo x Poder calorífico x Factor de emisión

Energía generada = 80,8 Tn GLP/año x 47,30 Gj/Tn GLP x 10⁶ Kj/1Gj x 1 año / 365 d x 1 día/86.400s

Energía generada = 121.2 kw/año

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a las emisiones generadas durante el proceso de curtido**

Por la complejidad y particularidad del análisis de este proceso no se estiran mejoras.

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a las emisiones generadas durante el tratamiento de los efluentes**

Si se implementara un proceso de captura de emisiones, las mismas se reducirían a cero.

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a las emisiones fugitivas de los equipos de refrigeración**

Se estima una disminución de los gases de efecto invernadero, ocasionados por las fugas de los gases refrigerantes, de un 10%. Se estima una disminución del 3% por las medidas de control de temperatura y un 7% por el cambio de gas refrigerante.

Emisiones Totales

TOTAL de emisiones fugitivas = 176.075 kg CO_{2eq} / año = 158,4 Tn CO_{2eq} /año

- **Cálculo de carbono equivalente asociado a emisiones generadas por la generación de energía eléctrica utilizada**

Dado que en este aspecto están involucradas muchas medidas de mejoras, como así también muchas fuentes de consumos, las cuales no se encuentran discriminadas en el cálculo total, este es el aspecto más difícil de estimar sus disminuciones. En función de la experiencia personal y otros trabajos consultados, como por ejemplo las Buenas Prácticas para el Ahorro de Energía realizada por Optima Grid, se estima que el consumo podría disminuir un 20%. A este valor debe sumarse el consumo de los auto elevadores de 121.2 kw/año.

Calculo del consumo = (14.616.960 kwh / año x 0,8) + 121.2 kw/año

Emisiones = Consumo x % Energía no Renovable X Factor de Emisión

Emisiones = 11.693.689 kwh / año x (1-0,17) x 0,535 Tn CO_{2eq} / Mwh X 1 Mwh/ 10³ Kwh

Emisiones = 5.192,583 Tn CO_{2eq} / año

6.2. Cálculo de la Huella de Carbono

Alcance 1

Emisiones directas de GEI			
Combustión fija de gas natural	Combustión móvil (GLP)	Emisiones del proceso	Emisiones fugitivas
EMISIÓN	Emisiones Tn CO ₂ eq		
Combustión fija de gas natural	5.335 Tn CO ₂ eq / año		
Combustión móvil (GLP)	0 Tn CO ₂ /año		
Emisiones del proceso	319 Tn CO ₂ eq / año		
Emisiones fugitivas	158,4 Tn CO ₂ eq / año		
TOTAL	5.812,4 Tn CO₂eq / año		

Alcance 2

Emisiones indirectas de GEI asociadas a la generación de energía eléctrica	
Electricidad	
EMISIÓN	Emisiones Tn CO ₂ eq
Generación de energía eléctrica	5.192,6 Tn CO ₂ eq / año
TOTAL	5.192,6 Tn CO₂eq / año

Alcance 1 + 2

EMISIÓN	Emisiones Tn CO ₂ eq
Alcance 1	5.812,4 Tn CO ₂ eq / año

Alcance 2	5.192,6 Tn CO _{2eq} / año
TOTAL	11.005 Tn CO _{2eq} /año

7. Conclusiones

Si se implementaran todas las medidas indicadas, salvo el cambio en el proceso de curtido se podrían obtener las siguientes disminuciones de la Huella de Carbono.

	Situación inicial	Situación con mejoras	Mejoras
EMISIÓN	Emisiones Tn CO ₂ eq	Emisiones Tn CO ₂ eq	%
Alcance 1	16.535 Tn CO _{2eq} /año	5.812,4 Tn CO _{2eq} /año	35,2
Alcance 2	6.490 Tn CO _{2eq} / año	5.192,6 Tn CO _{2eq} / año	80,0
TOTAL	23.025 Tn CO _{2eq} /año	11.005 Tn CO _{2eq} /año	47,8

A partir de estos cálculos es evidente el nivel de mejoras que se pueden alcanzar.

8. Bibliografía.

Convención Marco de Naciones Unidas para el cambio Climático. ONU, 1992.

<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero [En línea] 2006. [Consultado el: 1 de Agosto de 2018.] [https:// www.ipcc-nggip.iges.or.jp](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp)

Revisión de las Perspectivas de Población mundial. [En línea] 2015 . [Consultado el: 1 de Agosto de 2018.] https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf

Real Decreto 1890/2008, Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias. Publicado en: «BOE» núm. 279, de

19 de noviembre de 2008, páginas 45988 a 46057, por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

Norma 50001: 2011 de Sistemas Gestión de la energía, Organización Internacional de Normalización (ISO).

Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles

Dominic A. Notter, Marcel Gauch, Rolf Widmer, Patrick Wäger, Anna Stamp, Rainer Zah, and Hans-Jörg Althaus. *Environmental Science & Technology* **2010** 44 (17), 6550-6556
DOI: 10.1021/es903729a

Buenas Prácticas para el Ahorro de Energía realizada por Optima Grid. [En línea] 2015 .

[Consultado el: 1 de Agosto de 2018.] <https://4.interreg-sudoe.eu/contenido-dinamico/libreria-ficheros/11268EB8-CE46-5D93-D5CC-6F82D70A6841.pdf>

9. Anexos

Anexo 1: Depreciación del flujo luminoso de la lámpara

Tipo de lámpara	Período de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Sodio baja presión	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
Halogenuros metálicos	0,82	0,78	0,76	0,76	0,73
Vapor de mercurio	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Fluorescente tubular Halofosfato	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
Fluorescente compacta	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

(Fuente: R.D. 1890/2008)



(Fuente: PHILIPS)

Anexo 2: Depreciación de la luminaria por la limpieza

Grado protección sistema óptico	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años				
		1 año	1,5 años	2 años	2,5 años	3 años
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento, 1 año equivale a 4.000 h de funcionamiento.

(Fuente: R.D. 1890/2008)

Anexo 3: Sistemas de control de iluminación

- **Equipos de encendido y apagado de la instalación interior:**

Interruptor: dispositivo accionado por la persona.

Temporizador: dispositivo accionado de manera manual y que se desactiva automáticamente tras el tiempo para el que se ha programado.

Detectores de presencia: dispositivo que activa la iluminación como respuesta a la detección de movimiento. Se desactiva automáticamente tras un tiempo programado.

Dimmer: regulador manual de la intensidad luminosa de una lámpara.

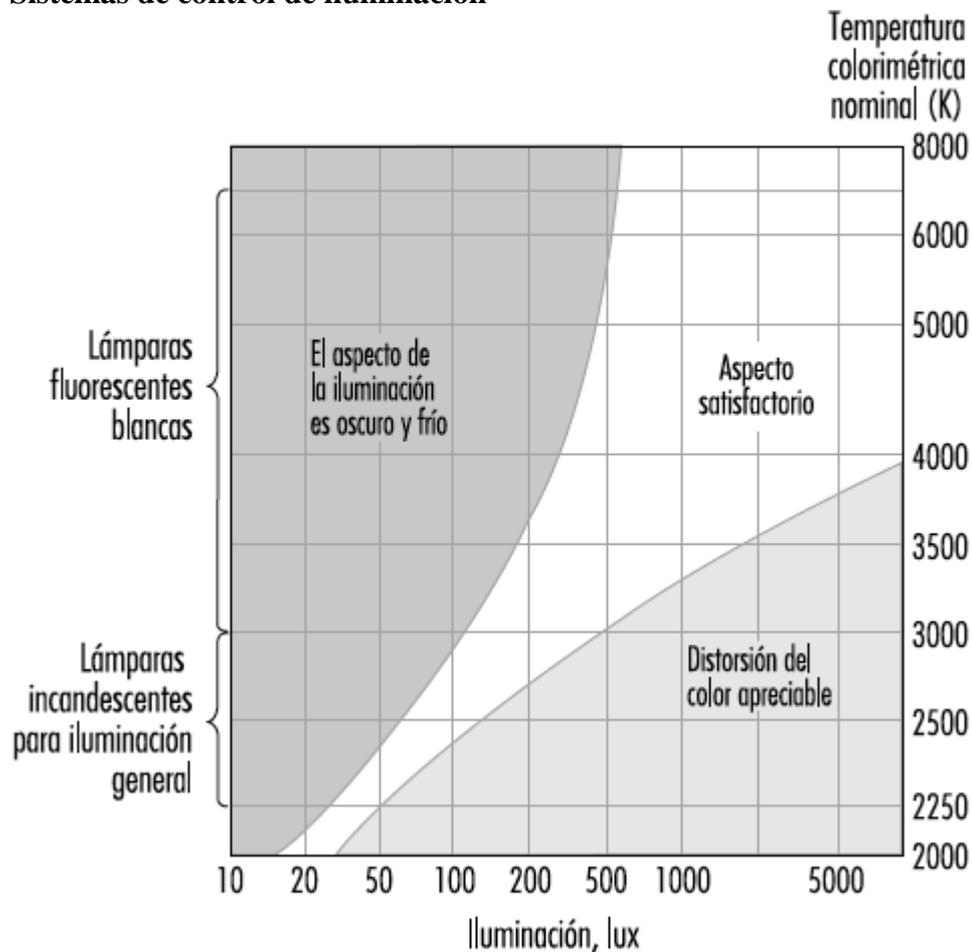
- **Equipos de encendido y apagado de la instalación exterior:**

Célula fotosensible: dispositivo que detecta el flujo lumínico del entorno del entorno y la utiliza para transformarla en energía eléctrica para comparar con un valor de referencia. Si la energía es superior a ese valor de referencia, la fuente de luz se apaga y en caso contrario, se enciende.

Reloj astronómico: dispositivo automático que se programa para regular el nivel de las fuentes de luz en función del ocaso y del lugar en el que está instalado.

Reactancia de doble nivel: reactancia electromagnética utilizada para reducir el nivel de iluminación de una instalación en determinadas horas de la noche. Estas reactancias están compuestas por dos bobinados en serie, el principal proporciona la corriente y potencia nominal a la fuente de luz. Para reducir el nivel de flujo luminoso, se conecta el segundo bobinado de manera que aumente la impedancia y así disminuya la intensidad y potencia en la lámpara.

Anexo 4: Sistemas de control de iluminación



Curva de Kruithof (Fuente: OSRAM)

Anexo 5: Equivalencia entre lámparas incandescentes, LFC y LED

Lúmenes	LED	LFCF	Incandescente
400 - 500	6 – 7 W	8 – 12 W	40 W
650 - 850	7 – 10 W	13 – 18W	60W
1000 - 1400	12 – 13 W	18 – 22 W	75W
1450 - 1700	14 – 20 W	23 – 30 W	100W
+ 2700	25 – 28 W	30 – 55 W	150W