

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**GENERACIÓN DE UNA PLATAFORMA DIGITAL CON BASE
ECOINFORMÁTICA PARA LA ESTIMACIÓN DE HUELLA DE CARBONO Y
HUELLA HÍDRICA Y PROPUESTA PARA SU REDUCCIÓN.**

**CASO: ÁREA ADMINISTRATIVA UNIDAD MINERA PIERINA (HUARAZ-
ANCASH)**

Tesis presentada por las Bachilleres:

**Pinto Valdivia, Daniela Giuliana
Rodríguez Huaquipaco, Elizabeth Fiorella**

Para optar por el Título Profesional de:
Ingeniero Ambiental

**Asesor:
Dr. Roque Rodríguez, Francisco Javier**

Arequipa – Perú

2020

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA AMBIENTAL
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 04 de Agosto del 2020

Dictamen: 000639-C-EPIA-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 000639, presentado por:

2014203452 - RODRIGUEZ HUAQUIPACO ELIZABETH FIORELLA

2014110472 - PINTO VALDIVIA DANIELA GIULIANA

Titulado:

**GENERACIÓN DE UNA PLATAFORMA DIGITAL CON BASE ECOINFORMÁTICA PARA LA
ESTIMACIÓN DE HUELLA DE CARBONO Y HUELLA HÍDRICA Y PROPUESTA PARA SU
REDUCCIÓN. CASO: UNIDAD MINERA PIERINA (HUARAZ-ANCASH)**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**2028 - ROQUE RODRIGUEZ FRANCISCO JAVIER
DICTAMINADOR**



**2779 - LAZARTE ARREDONDO SONIA
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

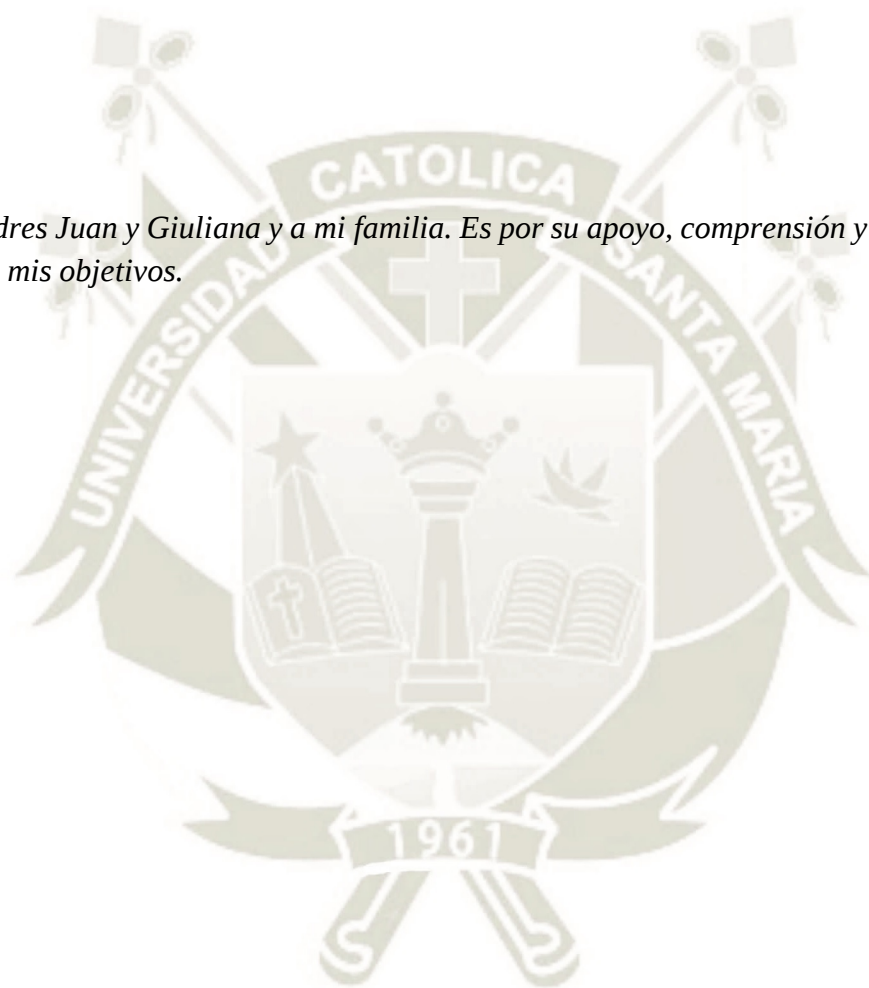
A mis padres, Elmer y Elizabeth. Es gracias a ellos que estoy aquí ahora. Todo es resultado de su esfuerzo, apoyo, comprensión y sobre todo amor.

Y a mi hermano Arturo, por ser desde que nací, mi ejemplo a seguir y mi guía para toda la vida.

Fiorella

A mis padres Juan y Giuliana y a mi familia. Es por su apoyo, comprensión y cariño que estoy logrando mis objetivos.

Daniela



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitir tantas cosas en mi vida, poner personas tan increíbles en mi camino y darme una familia tan maravillosa.

A mi familia, mis papás Elmer y Elizabeth y mi hermano Arturo, por haber puesto en mí lo mejor de ellos estos 23 años, por ser los compañeros incondicionales, por celebrar conmigo mis logros y apoyarme cuando las cosas se ponen difíciles, por tanto amor y por toda la confianza. A nuestro asesor, Dr. Francisco Javier Roque, por compartir sus conocimientos e impulsarme a aceptar nuevos retos.

A mis amigas y amigos, por todos los ánimos y consejos brindados.

A Dani, mi compañera de tesis, mi mejor amiga, por acompañarme en todo este proceso, por 6 años de una amistad tan real y por todos los retos que vamos superando juntas.

Fiorella

A la vida por permitirme pasar por días buenos y malos, pero aun así poder aprender de cada experiencia.

A mis padres Juan y Giuliana y a mi hermano Juan José, por siempre apoyarme e impulsarme a ser mejor cada día. Y a mis abuelos, por siempre querer lo mejor para mí.

A nuestro asesor Dr. Javier Roque, por ayudarnos a mejorar cada aspecto de esta tesis gracias a sus conocimientos.

A mis amigos, por siempre estar para mí y alegrarme los días.

A Fio, mi mejor amiga y compañera de tesis, por hacerme parte de esto, por brindarme una amistad incomparable y sincera sin que nunca falten las risas.

Daniela

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito la propuesta de un plan de mejora para la reducción de la Huella Hídrica y Huella de Carbono del Área administrativa de la Unidad Minera Pierina ubicada en el distrito de Jangas, provincia de Huaraz, región Ancash, cuyos resultados podrán ser comparados y analizados gracias a la implementación de un sistema web, capaz de obtener y registrar las estimaciones de Huella Hídrica y Huella de Carbono por año, así como mostrar gráficos históricos y de tendencia para años futuros.

La metodología utilizada dentro del sistema web, para el caso de la estimación de Huella Hídrica fue la elaborada por Water Footprint Network “Manual para la Evaluación de Huella Hídrica” y en el caso de Huella de Carbono, la elaborada por World Resources Institute “Greenhouse Gas Protocol”.

Para las estimaciones se consideró un intervalo de tiempo desde el año 2004 hasta el año 2020, en el cual se obtuvo valores promedio de 33475.55 m^3 en el caso de Huella Hídrica y 35311.42 tCO_2 para Huella de Carbono.

En el plan se proponen estrategias como capacitaciones y mantenimientos preventivos, además de la implementación de dispositivos de mayor eficiencia, que permitirán una disminución de consumo en los recursos de agua, energía eléctrica y combustible. Como resultado de la aplicación del plan de mejora, se estimó una reducción de la Huella de Carbono de 3531.5 tCO_2 y de 5313.28 m^3 para el caso de Huella Hídrica, en ambos casos en el tiempo de dos años.

Lo desarrollado en esta investigación podrá servir como punto de partida para demás organizaciones, posibilitando su adecuación según el alcance y contexto de las mismas.

Palabras clave:

Huella de Carbono, Huella Hídrica, Gases de Efecto Invernadero, Ecoinformática, Plan de Mejora, Ecoeficiencia.

ABSTRACT

The purpose of this research is to propose an improvement plan to reduce the Water Footprint and Carbon Footprint of the administrative area of the Pierina Mining Unit located in the Jangas district, Huaraz province, Ancash region, the results of which may be compared and analyzed thanks to the implementation of a web system, capable of obtaining and recording the estimates of Water Footprint and Carbon Footprint per year, as well as showing historical and trend graphs for future years.

The methodology used within the web system, in the case of the estimation of the Water Footprint, was the one elaborated by the Water Footprint Network "Manual for the Evaluation of the Water Footprint" and in the case of the Carbon Footprint, the one elaborated by the World Resources Institute "Greenhouse Gas Protocol".

For the estimations, a time interval from 2004 to 2020 was considered, in which average values of 33475.55 m³ were obtained in the case of Water Footprint and 35311.42 tCO₂ for Carbon Footprint.

The plan proposes strategies such as training and preventive maintenance, as well as the implementation of more efficient devices, which will allow a reduction in consumption of water, electricity and fuel resources. As a result of the application of the improvement plan, a reduction of the Carbon Footprint of 3531.5 tCO₂ and of 5313.28 m³ was estimated in the case of the Water Footprint, in both cases in two years.

What has been developed in this research may serve as a starting point for other organizations, making it possible to adapt them according to their scope and context.

Keywords:

Carbon Footprint, Water Footprint, Greenhouse Gases, Ecoinformatics, Improvement Plan, Ecoefficiency.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen un sin número de empresas pertenecientes a distintos rubros, ya sea de producción o de prestación de servicios. Cada una de las actividades y procesos desarrollados por ellas requieren recursos, los cuales van a ser transformados para cumplir sus objetivos. De acuerdo al rubro o área de la empresa varía el tipo y cantidad de recursos necesarios. El consumo de éstos, genera, directa e indirectamente cambios en el medio ambiente, esto debido a que en su mayoría los recursos son extraídos de este.

Dentro de los recursos más comunes utilizados por las empresas tenemos el agua, energía eléctrica y combustible. Estos son obtenidos de diferentes maneras por cada empresa, pero lo común entre ellos es que generan un impacto ambiental, el cual compromete a la disponibilidad futura de estos.

En el caso del agua, su uso no controlado compromete directamente al medio ambiente, de existir una sobreexplotación de este recurso, puede llevar a una escasez futura, afectando a la vida en su totalidad. El combustible y la energía eléctrica de igual manera, de ser consumidos en demasía provocarían impactos ambientales negativos, ambos recursos provocan emisiones de dióxido de carbono, que como se sabe, se trata de uno de los más importantes gases de efecto invernadero. Es por esto que es de suma importancia llevar un control de los recursos utilizados por una empresa, en este caso específico de los mencionados anteriormente. Tener el conocimiento de los consumos que se producen por las actividades va a permitir realizarles un seguimiento, establecer medidas para mantenerlos y de ser posible reducirlos. La Huella Hídrica y la Huella de Carbono van a permitir tener un valor numérico que represente el uso de agua y la emisión de Gases de Efecto Invernadero (proveniente del consumo de energía eléctrica y combustible) respectivamente, producto de una determinada actividad.

Parte de la responsabilidad ambiental de una empresa es contribuir al desarrollo sostenible, lo cual quiere decir que pueda realizar sus actividades con los recursos necesarios sin comprometer la disponibilidad de estos para las próximas generaciones.

En el caso particular tomado para esta investigación, se trata de una actividad extractiva, la minería, que, como todas las empresas, consume recursos. En todo el proceso para la obtención de su producto final se realizan distintas actividades, en muchas de ellas es posible optimizar los recursos. La Huella Hídrica y Huella de Carbono servirán como un indicador para la empresa, le permitirá evaluar el desarrollo de sus actividades, identificar oportunidades de mejora, reconocer progresos, entre otros.

ÍNDICE

RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN	vi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1. Planteamiento del problema	2
1.1 Problemática de la investigación.....	2
1.2 Alcance.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.3.1 Importancia de la Investigación	3
1.3.2 Limitaciones de la Investigación	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	5
2. Fundamento Teórico	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Datos importantes de la Unidad Minera Pierina	11
2.3 Línea Base de la Unidad Minera Pierina.....	12
2.4 Área de Influencia Directa e Indirecta de la Unidad Minera Pierina	15
2.5 Proceso Productivo de la Unidad Minera Pierina	15
2.6 Contexto Unidad Minera Pierina: Aspectos de interés a resolver.....	17
2.7 Unidades Mineras con similitud a la Unidad Minera Pierina	22
2.8 Historia del concepto Huella Hídrica y aplicaciones en proyectos e investigaciones ...	24
2.9 Contexto Hídrico actual a nivel nacional	27
2.10 Historia del concepto Huella de Carbono y aplicaciones en proyectos e investigaciones	28
2.11 Contexto actual a nivel nacional respecto a gases de efecto invernadero	32
2.12 Estructuras de plataformas digitales en línea relacionadas con indicadores ambientales	33
2.12.1 Diferencias con el sistema web elaborado.....	35
2.13 Perspectivas.....	36
2.14 Marco Conceptual	38
2.14.1 Huella Hídrica.....	38

2.14.2 Huella de Carbono	39
2.14.3 Gases De Efecto Invernadero	40
2.14.4 Tipos De Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	41
2.14.5 Sistema o Aplicación Web	41
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	42
3. Metodología	43
3.1 Tipo y nivel de investigación	43
3.2 Materiales	43
3.3 Métodos	43
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4. Resultados	55
4.1 Recolección de información para la estimación de la Huella de Carbono de la UMP	55
4.2 Recolección de información para la estimación de la Huella Hídrica de la UMP	56
4.3 Elaboración de la Plataforma Ecoinformática: Sistema Web, estimación de Huella Hídrica y Huella de Carbono y tendencia a futuro.	59
4.3.1 Contenido	59
4.3.2 Reportes anuales	62
4.3.3 Registro	95
4.3.4 Histórico	97
4.1.5 Tendencia	100
4.4 Elaboración y propuesta de Plan de Mejora para el Área Administrativa	102
I. Datos Generales de la Organización	102
II. Resumen Ejecutivo	103
III. Responsabilidades	103
3.1 Gerente del Área de Medio Ambiente	103
3.2 Supervisor del Área de Medio Ambiente	103
IV. Marco Legal	104
V. Objetivos y Metas Ambientales	107
5.1 Objetivo	107
5.2 Metas	107
VI. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales	108
6.1 Metodología para la identificación y evaluación de Impactos Ambientales:	108
6.2 Identificación de Impactos Ambientales	112
6.3 Evaluación de Impactos Ambientales	115

VII. Programas	118
7.1 Recurso Agua	118
7.1.1 Costos de implementación y comparación de consumos	119
7.2 Recurso Electricidad	124
7.2.1 Costos de implementación y comparación de consumos	125
7.3 Recurso Combustible	128
7.4 “PIERINA APRENDE”	133
VIII. Valoración económica ambiental	135
IX. Cronograma.....	136
4.5 Discusión.....	137
CAPÍTULO V:.....	139
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
5. Conclusiones y Recomendaciones	140
5.1 Conclusiones	140
5.2 Recomendaciones	141
CAPÍTULO VI:	142
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142
6. Referencias Bibliográficas	143
ANEXOS	153
ANEXO I: Planos de distribución de módulos de Administración UMP.....	154
ANEXO II: Diagrama de proceso Área Administrativa UMP	157
ANEXO III: Etiquetado de Eficiencia Energética	158
ANEXO IV: Eco - driving	160
ANEXO V: Programa Huella Hídrica	164
ANEXO VI: Costo de implementación del Sistema Web	165
ANEXO VII: Documentos base para la metodología.....	166

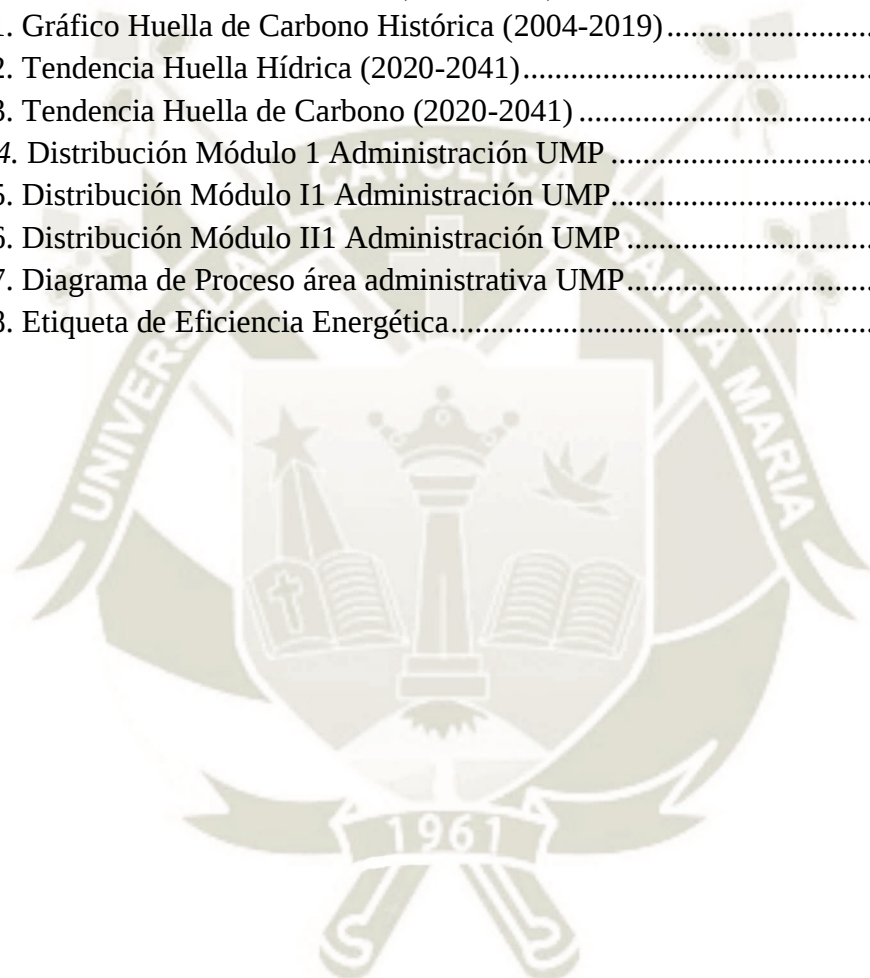
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de emisión para estimación de Huella de Carbono	48
Tabla 2. Información para la estimación de la Huella de Carbono de la UMP	55
Tabla 3. Información para la estimación de la Huella Hídrica de la UMP (parte 1)	57
Tabla 4. Información para la estimación de la Huella Hídrica de la UMP (parte 2)	58
Tabla 5. Huella de Carbono y Huella Hídrica Per Cápita UMP	100
Tabla 6. Marco Legal Plan de Mejora	104
Tabla 7. Escala de Valoración de Parámetros	108
Tabla 8. Impactos según Severidad	111
Tabla 9. Identificación de Impactos Ambientales	112
Tabla 10. Evaluación de Impactos Ambientales	115
Tabla 11. Clasificación de Impactos Ambientales	117
Tabla 12. Costo implementación de botellas con agua dentro del tanque	119
Tabla 13. Consumo de agua de inodoros normales y consumo de inodoros con implementación de botella dentro del tanque	119
Tabla 14. Costo por consumo inodoro normal e inodoro implementado con botella dentro del tanque	120
Tabla 15. Costo implementación de Ahorrador RCMannesmann	121
Tabla 16. Consumo de agua de lavamanos sin Ahorrador RCMannesmann y lavamanos con Ahorrador RCMannesmann	121
Tabla 17. Costo por consumo lavamanos sin Ahorrador sin Ahorrador RCMannesmann y lavamanos con Ahorrador RCMannesmann	122
Tabla 18. Costo implementación de Eco-Rociadores	122
Tabla 19. Consumo de agua de Ducha sin Eco-Rociador y Ducha con Eco-Rociador	123
Tabla 20. Costo por consumo Ducha sin Eco-Rociador y Ducha con Eco-Rociador	123
Tabla 21. Costo Regleta Inteligente	125
Tabla 22. Consumo sin/con Regleta Inteligente	125
Tabla 23. Costo por consumo sin/con Regleta Inteligente	126
Tabla 24. Costo dispositivos de iluminación	126
Tabla 25. Consumo dispositivos de iluminación	127
Tabla 26. Costo por consumo dispositivos de iluminación	128
Tabla 27. Capacitaciones en eco conducción	129
Tabla 28. Costo por consumo de combustible por conducción convencional y eco conducción	130
Tabla 29. Capacitaciones y mantenimiento cocina	131
Tabla 30. Costo por consumo de combustible por cocina convencional y con capacitación y mantenimiento	132
Tabla 31. Capacitaciones por área	134
Tabla 32. Ahorro anual por implementación del Plan de Mejora	135
Tabla 33. Disminución de Huella Hídrica y Huella de Carbono por implementación del Plan de Mejora	135
Tabla 34. Cronograma Plan de Mejora	136
Tabla 35. Características de servidores web	165
Tabla 36. Comparación Métodos Huella de Carbono	167
Tabla 37. Comparación Métodos Huella Hídrica	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hoja de cálculo “Huella Hídrica”	50
Figura 2. Hoja de cálculo “Huella de Carbono”	51
Figura 3. Boceto en MS Excel	52
Figura 4. Ingreso al sistema web.....	59
Figura 5. Pantalla de inicio	60
Figura 6. Pantalla de inicio “Huella Hídrica”	60
Figura 7. Pantalla de inicio “Huella de Carbono”	60
Figura 8. Pantalla de inicio “Reportes por año”	61
Figura 9. Pantalla de inicio “Otros”	61
Figura 10. Reportes por año “Huella Hídrica”	62
Figura 11. Reportes por año “Huella de Carbono”	62
Figura 12. Reporte Huella Hídrica año 2004	63
Figura 13. Reporte Huella Hídrica año 2005	64
Figura 14. Reporte Huella Hídrica año 2006	65
Figura 15. Reporte Huella Hídrica año 2007	66
Figura 16. Reporte Huella Hídrica año 2008	67
Figura 17. Reporte Huella Hídrica año 2009	68
Figura 18. Reporte Huella Hídrica año 2010	69
Figura 19. Reporte Huella Hídrica año 2011	70
Figura 20. Reporte Huella Hídrica año 2012	71
Figura 21. Reporte Huella Hídrica año 2013	72
Figura 22. Reporte Huella Hídrica año 2014	73
Figura 23. Reporte Huella Hídrica año 2015	74
Figura 24. Reporte Huella Hídrica año 2016	75
Figura 25. Reporte Huella Hídrica año 2017	76
Figura 26. Reporte Huella Hídrica año 2018	77
Figura 27. Reporte Huella Hídrica año 2019	78
Figura 28. Reporte Huella de Carbono año 2004	79
Figura 29. Reporte Huella de Carbono año 2005	80
Figura 30. Reporte Huella de Carbono año 2006	81
Figura 31. Reporte Huella de Carbono año 2007	82
Figura 32. Reporte Huella de Carbono año 2008	83
Figura 33. Reporte Huella de Carbono año 2009	84
Figura 34. Reporte Huella de Carbono año 2010	85
Figura 35. Reporte Huella de Carbono año 2011	86
Figura 36. Reporte Huella de Carbono año 2012	87
Figura 37. Reporte Huella de Carbono año 2013	88
Figura 38. Reporte Huella de Carbono año 2014	89
Figura 39. Reporte Huella de Carbono año 2015	90
Figura 40. Reporte Huella de Carbono año 2016	91
Figura 41. Reporte Huella de Carbono año 2017	92

Figura 42. Reporte Huella de Carbono año 2018	93
Figura 43. Reporte Huella de Carbono año 2019	94
Figura 44. Plantilla para registro de datos Huella Hídrica.....	95
Figura 45. Plantilla para registro de datos Huella Hídrica con descripción de campo	95
Figura 46. Plantilla para registro de datos Huella de Carbono	96
Figura 47. Plantilla para registro de datos Huella de Carbono con descripción de campo.....	96
Figura 48. Huella Hídrica Histórica (2004-2019).....	97
Figura 49. Gráfico Huella Hídrica Histórica (2004-2019).....	98
Figura 50. Huella de Carbono Histórica (2004-2019)	99
Figura 51. Gráfico Huella de Carbono Histórica (2004-2019).....	99
Figura 52. Tendencia Huella Hídrica (2020-2041).....	101
Figura 53. Tendencia Huella de Carbono (2020-2041)	101
<i>Figura 54. Distribución Módulo 1 Administración UMP</i>	<i>154</i>
Figura 55. Distribución Módulo I1 Administración UMP.....	155
Figura 56. Distribución Módulo II1 Administración UMP	156
Figura 57. Diagrama de Proceso área administrativa UMP	157
Figura 58. Etiqueta de Eficiencia Energética.....	159





CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. Planteamiento del problema

1.1 Problemática de la investigación

En la UMP, se realizan distintas actividades y procesos tanto en tajo abierto como en instalaciones auxiliares (oficinas de administración, laboratorios, almacenes, talleres de mantenimiento, atención de emergencias, tanques de almacenamiento de combustibles, instalaciones de tratamiento de aguas, estructuras de drenaje) que requieren, entre otros, el consumo de recursos como agua, combustible y energía. En algunos de estos casos, los procedimientos, metodologías o infraestructuras ocasionan un consumo innecesario de estos recursos, con lo cual se incrementan, en primer lugar, los impactos directos e indirectos al medio ambiente de manera global, y además, los gastos de la empresa ya que el tratamiento de agua y el consumo energético, representan los mayores costos para esta.

Otro aspecto importante a considerar es la inexistencia de estas estimaciones en la data histórica de la UMP, es decir, anteriormente no se ha realizado los estudios correspondientes para determinar la HC y HH, siendo ambas muy necesarias debido a que estos recursos tienen gran trascendencia. La importancia de ambas Huellas recae en que, la UMP presenta una serie de compromisos con comunidades presentes en la Zona de Influencia, dentro de los cuales se encuentra la mitigación de impactos ambientales negativos, para este caso específico nos enfocamos en los que se relacionan con consumos de agua, energía eléctrica y combustible. Resulta complicada la elaboración y propuesta de un Plan de Mejora para reducir estos consumos, sin antes contar con una base de datos que nos permita un seguimiento y control de las estrategias propuestas. Es por este motivo que, la estimación de la Huella de Carbono y Huella Hídrica representa un punto de partida para la propuesta de distintas acciones destinadas a la eficiencia en el uso y consumo de recursos.

Es así, que la Unidad Minera, actualmente presenta gastos y consumos capaces de ser reducidos para evitar la contribución a problemas tanto ambientales como sociales, haciendo necesario el cálculo de la HC y HH para el reconocimiento de estos, y así hacer de Pierina una Unidad Minera Ecoeficiente.

1.2 Alcance

Área Administrativa de la Unidad Minera Pierina.

Se consideró únicamente el área administrativa debido a la mayor accesibilidad a la información en esta área.

1.3 Justificación

1.3.1 Importancia de la Investigación

- Gracias a la investigación se podrán conocer estrategias de Ecoeficiencia que contribuyan a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como la sobreexplotación del recurso agua, lo cual está relacionado directamente con la disminución en valores de Huella Hídrica y Huella de Carbono, a los cuales, gracias al sistema web elaborado se les podrá hacer seguimiento comparando valores de años recientes con años pasados y así detectar posibles propuestas de mejora de ser necesarias. Por lo tanto, se colaborará con la protección, uso correcto y conservación de los recursos naturales, basado en objetivos de desarrollo sostenible y calidad de vida.
- En cuanto al beneficio de la investigación para la empresa, mediante el plan propuesto, se reducirán los gastos provenientes del consumo de electricidad, combustible y agua. Además se podrán prevenir conflictos con las comunidades de la Zona de Influencia ocasionados por incumplimiento en compromisos y, por el contrario, se mejorará la imagen de la empresa hacia ellos.
- La investigación es un marco de referencia tanto para la empresa de caso de estudio como para otras empresas. De acuerdo a contextos, actividades, procesos o servicios, se pueden incluir o tomar en cuenta los alcances pertinentes para las estimaciones de Huella Hídrica y Huella de Carbono propias.

1.3.2 Limitaciones de la Investigación

- Disponibilidad de Información: No fue posible obtener la información completa necesaria para realizar una estimación integral tanto de Huella Hídrica como Huella de Carbono, que incluya el área administrativa y el área de procesos. Motivo por el cual se limitó la investigación al área administrativa.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Generar una plataforma digital con base ecoinformática para la estimación de Huella de Carbono y Huella Hídrica del área administrativa de la Unidad Minera Pierina y proponer medidas para su reducción.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recolectar información sobre uso de combustible y energía eléctrica, así como de los usos y consumo de agua del área administrativa en la UMP.
- Realizar la estimación de la Huella de Carbono y Huella Hídrica generada por el área administrativa de la UMP y estimar la tendencia de estas estimaciones a futuro en la UMP mediante la plataforma digital elaborada.
- Elaborar y proponer un plan de mejora para reducción de la Huella de Carbono y Huella Hídrica estimadas, con enfoque en el área administrativa.





CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2. Fundamento Teórico

2.1 Antecedentes

En el 2011 se publicó un artículo titulado Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas donde se hace un análisis del concepto de huella de carbono, su origen, así como también de su relación con los Gases de Efecto Invernadero, y sobre qué tipos de procedimientos hay para cuantificarla. Explica también que hoy en día el efecto invernadero se produce por algunos gases que se liberan de forma natural o por el accionar del ser humano. En cuanto a la huella de carbono ellos consideran que es una de las herramientas más importantes para así poder cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero que son emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de consumo o producción de bienes y servicios. Concluyen en que la huella de carbono es capaz de disminuir los impactos provocados por las actividades antropogénicas, también es una herramienta de gestión para así poder adoptar medidas y estrategias para lograr una sustentabilidad (Espiola & Valderrama, 2011).

En Colombia se desarrolló una Guía Metodológica para la evaluación de la Huella Hídrica del Sector Minero la cual es una de las varias herramientas que apoyan aspectos técnicos de la actividad minera en Colombia. Es de vital importancia para el subsector, determinar la relación existente entre el desarrollo de la actividad y el impacto y/o efectos ambientales que esta actividad ocasiona sobre el medio natural, especialmente sobre el recurso hídrico. Para lograr este objetivo la Subdirección de Minería de la UPME ha venido realizando una serie de estudios técnicos e investigaciones orientadas a establecer dicha relación, para así brindar información técnica verídica que sirva de base para generar debates argumentados sobre los verdaderos impactos que la actividad minera ocasiona sobre el recurso hídrico. En el documento se encuentra la aplicación de tres conceptos previos: agua azul, agua verde, agua gris. Debido a la carencia de información sobre el consumo de agua no se logró hacer estimaciones que advirtieran sobre la Huella Hídrica de la Minería, es por esto que para ese estudio se estimó a partir de informaciones obtenidas de algunas empresas y de la opinión de expertos en el tema. La guía consta de 5 capítulos, en los que se aborda de manera explicativa los pasos a seguir para la determinación de la Huella Hídrica en el sector minero (Echevarría Escobar, y otros, 2016).

Farias Gutiérrez en el 2016 realizó una investigación titulada “Desarrollo de una metodología para el estudio de la sustentabilidad hídrica de la industria minera mediante el pronóstico y evaluación de la huella hídrica en escenarios de variabilidad climática y operacional”, la cual se enfoca en la iniciativa denominada Huella Hídrica y tiene como objetivo desarrollar una metodología que sea fácil de aplicar la cual permita su cálculo en actividades mineras considerando la variabilidad climática y operacional utilizando el software GoldSim. Para lograr este objetivo primero se realizó un estudio de la Huella Hídrica y una comparación con otras alternativas de sustentabilidad hídrica, para así conceptualizar una actividad minera identificando las variables de entrada y parámetros necesarios para el cálculo de la Huella Hídrica azul del concentrado de cobre. También se consideró la incertidumbre ya sea operacional o exógena que tiene cada proceso. Al modelo de esta conceptualización se le realizó un análisis de sensibilidad y de dominancia estocástica con el fin de identificar las variables y/o parámetros críticos sobre los cuales se definen escenarios o esquemas de operación relevantes para la industria minera. La metodología se basa en el manual WFN de Hoekstra del 2011, los datos para la modelación se obtuvieron en base a los trabajos realizados por Garcés en el 2011 y Peña y Huijbregts en el 2014. Finalmente las recomendaciones para minería se obtuvieron de Younger (2006). Como resultados generales se obtuvo que la incertidumbre a la cual está sujeta el sistema genera variaciones que van desde un 3% llegando a un 12% de la media (m^3/ton de mineral), dependiendo del caso. Y como parámetros y variables referentes al circuito de relaves se obtuvo que son las de mayor relevancia para la Huella Hídrica y que aquellas producidas por el clima no generan impactos significativos en los resultados (Farias Gutiérrez, 2016).

También encontramos diferentes estudios que se han hecho en empresas mineras ubicadas en otras partes del mundo. Por ejemplo en el 2011 se hizo una investigación centrada en la huella de carbono de una empresa minera del cobre en Chile, donde se analizó las emisiones de Gases de efecto invernadero, así como también los consumos de energía de los productos y procesos de una empresa minera ubicada en Chile. Con ayuda de Codelco del año 2005 y utilizando GaBi se hizo el Análisis de Ciclo de Vida, y se obtuvo como resultados que las emisiones de Gases de Efecto Invernadero por el uso de combustibles representan el 23%, las de consumo de electricidad el 65% y la de la fabricación y transporte de insumos el 12%. En el nivel productivo, los insumos representaron en promedio 521 $kg\ CO_2e/TMF\ Cu$ en el cátodo ER, y 97% $kg\ CO_2e/TMF\ CU$ en el cátodo EO. Se presentan opciones para reducir las emisiones de los gases, algunas de ellas son disminuir el factor de emisión de las matrices eléctricas, lo que

está fuera de control directo de la empresa. También se estiman las emisiones del óxido de molibdeno, la cual resultó ser un promedio de 3.5 tCO₂e/TMF Mo, considerando el criterio. En el proceso de Tostación del concentrado de molibdeno aportó 1.1 tCO₂e/TMF Mo. Por otra parte se desagregan las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y consumos energéticos de las dos hidrometalurgias de la división en sus subprocesos, donde la electro obtención representó un 79% del consumo energético en la hidrometalurgia de Chuquicamata, y un 91% del consumo energético en la hidrometalurgia de Radomiro Tomic (Bustos Donoso, 2011).

En Colombia se analizó la huella de carbono en la explotación minera de carbón a cielo abierto en la mina de El Cerrejón (La Guajira). El objetivo de la investigación es hacer un análisis y diagnóstico de la huella hídrica en la explotación de carbón a cielo abierto, para así poder dar respuesta a la complicada problemática que encierra la actividad minera tanto en lo ambiental, económico y social. La gestión ambiental en el proyecto minero es muy importante para así poder preservar y conservar los recursos naturales. Para determinar la sostenibilidad del recurso hídrico se analizó la oferta y demanda de este. Este proceso se llama Huella Hídrica, la cual es una metodología donde se desarrollan actividades con el objetivo de cuantificar la demanda del agua en un proceso, producto o en el consumidor. Sino también cuantificar en un espacio geográfico y en un tiempo determinado la oferta, disponibilidad, calidad, uso y demanda del agua (Cruz Gonzales, 2012).

En otra zona de Colombia, se hizo una investigación en una minera. El propósito de esta fue realizar una aproximación al cálculo de los indicadores de la Huella Hídrica en la minería aurífera de Suárez, un municipio ubicado en Cauca, para así poder cuantificar todos los impactos que se generan por el agua no retomada en el proceso productivo así como también los niveles de contaminantes en los vertimientos. Como resultado se obtuvo que la Huella Hídrica azul es de 79.91 m³/kg de oro extraído y la Huella Gris se encuentra en el rango de 272.125.39 a 404.825.11 m³/kg de oro extraído, estos valores confirman el alto impacto de la minería aurífera en los cuerpos de agua. Estos valores que fueron obtenidos en la investigación se compararon con minas que realizan operaciones similares en Colombia y Sudáfrica. Con esto se logra tener una línea base para así tomar decisiones, poder formular estrategias y propuestas para el municipio (Alvarez Pugliese, 2018).

En el 2017 se analizó la sostenibilidad ambiental comparando la Huella Hídrica del concentrado de cobre y la Disponibilidad Hídrica en la minera Catalina Huanca ubicada en Ayacucho de los años 2014 y 2015. Para lograr el objetivo se recolectaron y procesaron los

datos necesarios, siguiendo la metodología de la Water Footprint Network en su Manual de Evaluación de la Huella Hídrica, la cual tiene 4 fases las cuales son: establecer los objetivos y el alcance, contabilizar la Huella Hídrica, evaluar la sostenibilidad de la huella hídrica y formular respuestas. La huella hídrica consta de tres componentes; azul, verde y gris, la cual es un indicador que expresa la cantidad de agua dulce consumida en cada tonelada de producción de concentrado. Como resultados se obtuvo que el promedio de la Huella Hídrica es de 9.16 m³/ton de concentrado, donde la Huella Hídrica Gris tiene el mayor porcentaje de aporte, siendo el 50% para el año 2014 y 54% para el 2015. La siguiente Huella Hídrica con mayor porcentaje fue la Azul, abarcando un 43% y 40% para los años 2014 y 2015 respectivamente. Finalmente la Huella Verde ocupó un 7% para el 2014 y un total del 6% para el 2015. Así también se determinaron los índices de escasez y contaminación de agua gracias a la comparación de las huellas azul y gris, los cuales no impactaron sobre la disponibilidad del recurso hídrico (León Jines & Luna Guerrero, 2017).

Cárdenas Barrios en el 2017 realizó el cálculo de Huella de Carbono del Archivo Central Hochschild Mining con sede en Lima. Para lograrlo se utilizaron los lineamientos establecidos por el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, el documento también nos da instrucciones para poder cuantificar y reportar los Gases de Efecto Invernadero (GEI) que son generados. Igualmente se consideraron los factores de emisión del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), el cual permite expresar las emisiones en toneladas de dióxido de carbono equivalente. De igual forma se elaboraron diez formatos para poder recopilar información para que posteriormente sean calculados para hallar las emisiones de GEI. La huella de carbono emitida durante el periodo 2016 fue de 54.52 tCO₂eq, y una huella promedio de 4.54 tCO₂eq por persona que trabaja en la empresa, teniendo al consumo de energía eléctrica como la mayor fuente de emisión liberada con una participación de 47.54%. Para promover buenas prácticas y realizar actividades para así lograr una mejora se establecieron seis lineamientos para así reducir en un 50% estos Gases que son derivados de las instalaciones del Archivo Central Hochschild Mining (Cárdenas Barrios, 2017).

Se hizo un informe que está basado en el estudio sobre la minería y fundición de Cobre en Australia, en el 2012, donde se hace una reflexión crítica sobre los futuros desafíos ambientales y tecnológicos que enfrentan las industrias mineras. La evaluación del Ciclo de Vida de la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero de la futura minería y molienda de

cobre es la clave, ya que estos están basados en un conjunto de datos detallados de recurso de cobre. También se centran en analizar la posible huella ambiental futura de la oferta el cobre primario, en vez de como satisfacer la demanda de cobre. Se desarrolló un modelo de producción pico, el cual es combinado con un modelo integral de evaluación del Ciclo de Vida de la minería y la molienda de cobre para poder predecir las tasas de emisión de gases de efecto invernadero y también las intensidades de la producción de cobre australiana y global al 2100. Al tener una predicción cuantitativa de la producción de cobre como también de las emisiones de gases de efecto invernadero de la industria mundial del cobre, se logra analizar la intensidad de las emisiones en varios escenarios de insumos energéticos como la energía habitual, la energía solar térmica y la electricidad solar térmica con biodiesel (Mudd, y otros, 2012).

Otra investigación que encontramos fue una que realizó una comparación de la carga ambiental en términos de agua y huella de carbono de la recuperación de Cobre, Magnesio y Zinc de las cenizas volantes, las cuales se producen al incinerar residuos sólidos municipales, en comparación con la extracción y producción convencional de estos metales. Para lograr esto se realizó una investigación bibliográfica sobre el uso del agua y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero para los respectivos métodos de recuperación de metales. Se hace una discusión tanto las prácticas actuales como algunas alternativas potenciales futuras. Como resultado general se obtuvo que tanto la huella de carbono como la huella hídrica son mucho mayores para la minería y la producción de los metales estudiados aplicando las prácticas actuales, que tratan de recuperar los metales primarios en vez de recuperar las cenizas volantes. Según la bibliografía analizada indica que los gases de efecto invernadero que con emitidos de la recuperación de Magnesio y Zinc podrían reducirse en un factor de 2 y 15 respectivamente, si se utilizan fuentes secundarias. La falta de información y las inconsistencias en la forma de informar sobre la huella hídrica afectaron los resultados de este estudio. Pero se podría concluir firmemente que si se recupera Cobre, Magnesio y Zinc de las cenizas volantes, se podría lograr grandes ahorros de emisiones de CO₂ y Agua en comparación con la producción de estos metales de fuentes primarias (Angel, 2016).

Finalmente decidimos incluir tres capítulos del Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad Minera Pierina. En el Resumen Ejecutivo nos dice que el Proyecto Pierina trata de una mina a tajo abierto e instalaciones de procesamiento metalúrgico para extraer y recuperar oro. Se hace una descripción detallada de la ubicación, diseño y operación de las instalaciones, así como también las medidas técnicas que se han propuesto para asegurar la estabilidad física y química

de las instalaciones y anticipar el cierre definitivo y rehabilitación de las áreas que se utilizaran par el Proyecto. De igual forma presenta las medidas que se tomarán para eliminar todos los materiales residuales de la mina. Seguidamente en el Capítulo 2A detalla que el proyecto está ubicado a 10 km al noroeste de la ciudad de Huaraz y está dentro de la cuenca del río Santa. La extensión del proyecto es de aproximadamente 4,700 ha. La precipitación anual para el periodo de 1950 y 1954 fue de 773.7. En cuanto al flujo regional de agua subterránea esta ingresa al sitio a través del lecho de roca desde el sudoeste, y se vierte a filtraciones o directamente a las quebradas que desembocan en el Río Santa. Y en el Capítulo 5 nos dice que los Impactos potenciales en el agua subterránea durante la construcción de la mina que se podrían dar son cambios en la cantidad de flujo de agua subterránea que se descarga a las corrientes de agua superficial en el área del sitio, cambios en la calidad de aguas subterráneas. Las emisiones de CO de los vehículos en el sitio son similares a otros camiones pesados y equipos de construcción en el valle, cualquier impacto de estas emisiones no se notará en relación con los niveles generales de fondo de las emisiones en el valle del río Santa. Durante la etapa de operación y cierre las aguas serán tratadas antes de ser vertidas a los flujos de agua (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

2.2 Datos importantes de la Unidad Minera Pierina

El titular que desarrolló el Proyecto Pierina es Minera Barrick Misquichilca S.A. (Barrick), la cual es una subsidiaria de propiedad de Barrick Gold Corporation. Para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, Barrick contrató a la empresa consultora Kihn Crippen SVS S.A (KC-SVS) en 1996. Este estudio se basa en información de línea de base ambiental reunida por Fenco MacLaren Inc. e información de diseño de ingeniería proporcionada por los consultores de Barrick, los mismos que incluyen a: Kilborn SNC-Lavalin (ingenieros del proyecto), Vector Engineering Inc. (diseño de las pilas de lixiviación y almacenamiento de desmontes), Q'Pit (diseño del tajo abierto), Call and Nicholas Inc. (estabilidad de los taludes del tajo abierto) y Leggette, Brashears & Graham, Inc. (recursos de agua). Para que se apruebe el Estudio de Impacto Ambiental este tuvo que contener un programa de cierre y se presentó en una audiencia pública, ya que es el proceso de aprobación. De igual forma se realizaron EIAs para los sectores de energía y transporte ya que están relacionados con la mina (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

Dentro del EIA se consideró una descripción del proyecto donde se indicó detalladamente la ubicación, diseño y operación de todas las instalaciones que se requerían, también las medidas

técnicas propuestas para asegurar la estabilidad fisicoquímico de las instalaciones para anticipar el cierre definitivo, de igual forma la rehabilitación futura de las áreas utilizadas para el Proyecto. Se incluyó también una descripción detallada de todas las previsiones adoptadas por el titular para disponer de los residuos de la mina o de las áreas que se empleen para esos fines (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

Para poder extraer los recursos minerales de la zona se requirió del otorgamiento de Concesión Minera, el área total que cubren las concesiones obtenidas es de 4700 hectáreas. Y en cuanto a los derechos de superficie Barrick se puso en contacto con los propietarios y con las comunidades vecinas al proyecto y adquirió virtualmente todos los derechos de superficie que se necesitan para desarrollar Pierina. De igual forma se requirió de una concesión de Beneficio para la construcción y operación de la planta de procesamiento del proyecto. Antes de utilizar los terrenos el Instituto Nacional de Cultura emitió un Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

En cuanto a los Derechos de Uso de agua, donde la empresa debe probar que no afectara a los derechos previamente otorgados a otros usuarios ubicados aguas abajo, se debe sacar una Licencia de Uso de agua. El agua requerida es para las actividades de explotación, desarrollo y procesamiento del mineral. Parte del agua es derivada de la perforación de pozos y también de la captación de drenaje de aguas superficiales, no obstante existe la necesidad de captar agua de escorrentía que proviene de la Cordillera Blanca con el objetivo de usarlas durante las operaciones y así compensar la reducción de caudal que podría producirse por el desarrollo del proyecto (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

2.3 Línea Base de la Unidad Minera Pierina

Pierina es un proyecto desarrollado para extraer y recuperar oro de un yacimiento de minerales que se ubica en el lado Este de la Cordillera Negra a 10 km de la ciudad de Huaraz a una altitud media de aproximadamente 4.100 msnm.

Fisiográficamente hablando el yacimiento se ubica al noreste del Rio Santa que está dentro de la cuenca Puca Uran, la cual está constituida por tres quebradas las cuales son: Atupa, Antahuran y Puca Uran.

En cuanto a la geología, el área del proyecto está formado principalmente por lavas basales andesíticas de la Formación Calipuy. Este yacimiento es singular ya que se trata de un depósito de oro ubicado en un sistema de sulfato ácido. Hubo cinco eventos geológicos de donde resulto

la mineralización del área. El primero fue la deposición de una alteración de cuarzo-alunita, seguida de una lixiviación ácida. Luego se dio una mineralización de pirita-enargita-covelita y azufre nativo con pequeñas cantidades de oro. En tercer lugar se formaron vetillas de cuarzo-pirita-oro. Seguidamente se dio una oxidación hipógena, donde hubo una formación de anillos de hematita y covelita de la mano con una mineralización aurífera alrededor de las zonas de relictos de mineralización de sulfuros. Y por último hubo una formación de vetillas de baritina y oro. La actividad sísmica en la zona se manifiesta con temblores y terremotos donde los hipocentros se ubican a pocos kilómetros de la superficie y con hipocentros profundos hasta 700 km. La subducción de la placa de Nazca por debajo de la Placa Continental Sudamericana está asociado a los terremotos con hipocentros profundos y los terremotos y/o temblores con hipocentro superficial se relacionan con fallas regionales. En un periodo de 31 años se presentaron 17 eventos sísmicos (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

En la clasificación de suelos se identificaron seis consociaciones: Rojo, Cuncascha, Eslabón, Lúcumá, Pierina y Huanchac. Y dos asociaciones: Pierina Colca y Colca Pierina. Para identificar las clases del uso actual de tierras se realizó una interpretación de fotografías aéreas infrarrojas. Las áreas urbanas ocupan el 0.55% de área total, la zona agrícola representa un 31.12%, los bosques 7.61%, Pastos Naturales 41.62% y lo No Utilizado es un 19.09%. Se encuentran principalmente dos regiones climáticas en el área, la primera entre los 3200 y 3800 msnm, se le denomina la región de Clima Frío y la región de Clima de Tundra Seco de la Alta Montaña que se ubica entre los 3800 y 4800 msnm. La temperatura anual predio oscila entre 25 a 14 C° entre los 3800 y 4800 msnm. La variación máxima mensual fue de 1.1 C°. Se tiene un clima estacional con inviernos muy secos y veranos húmedos, con precipitaciones de aproximadamente 550 mm a 600 mm por año desde el mes de octubre hasta marzo. La evaporación promedio anual es de 1416 mm y la humedad relativa promedio es de un 70%. La calidad del aire es medida en tres estaciones de monitoreo, una dentro del proyecto y dos en localidades cercanas. Los resultados para los niveles de PM10 y TPS en el área del proyecto indican niveles de polvo de 4 a 5 veces más bajos que los niveles de polvo en las dos localidades donde están ubicadas las estaciones de monitoreo, esto puede ser debido a las actividades humanas como el transporte en las ciudades (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

El eje central de la cuenca donde está ubicado el proyecto es el Río Santa el cual separa la Cordillera Blanca de la Cordillera Negra. Las aguas subterráneas en el proyecto fluyen por el

basamento de rocas desde el suroeste y afloran en las quebradas que desembocan en el Río Santa. Se hicieron monitoreos para determinar la calidad de estas aguas y los resultados indican que tienen un pH de 7 o más y las concentraciones de zinc, cobre, hierro, arsénico y mercurio, son relativamente altas, esto es coherente debido a la mineralogía de las rocas que hay en la zona. En la estación seca la población local satisface sus necesidades de consumo doméstico y agrícola con el afloramiento de estas aguas (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

En cuanto a la flora que se encuentra en el área del proyecto, se hicieron monitoreos para determinar la cantidad que especies que hay y los resultados fueron los siguientes: En total 285 especies, de las cuales el 85% son plantas que forman semillas, el porcentaje restante son especies que forman esporas como por ejemplo, helechos y líquenes. El 8% del total son especies que se cultivan, como por ejemplo maíz, trigo, cebolla, arveja, haba, cebada, tarhui que es un frijol nativo y papa (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

Todas las especies se agrupan en ocho comunidades de vegetación: Estepa Arbustiva, Matorral Ralo Semi – Caducifolio, Pajonal de Puna, Bosquecillo, Cultivos, Bosque de Aliso, Bosque de Eucaliptos y Monte Ribereño. Dentro de las 285 especies se identificaron 19 endémicas, de las cuales una es endémica del departamento de Anchash y las demás de Perú. Y se identificaron dos especies en vías de extensión de Queñoa y una especie de “Oroya” la cual es un Cactus. De igual forma se hizo un monitoreo de fauna donde se identificaron 76 especies de vertebrados, dentro de ellos hay 16 mamíferos, 56 aves, 2 reptiles, 2 anfibios y 2 peces. Y entre los invertebrados los mayores grupos identificados fueron de insectos y arácnidos. La especie predominante dentro de los mamíferos fueron los roedores, donde se encontraron 9 especies nativas y una introducida, otras especies como la muca, el zorro andino, la comadreja, el gato montés y el venado gris también están incluidas dentro de los mamíferos. Entre las aves, los pájaros cantores fueron los predominantes en el muestreo dentro de ellos están los gorrones con 12 especies, cazamoscas con 6 especies. También se encontraron palomas, aves de rapiña, picaflores, etc. Se identificaron dos especies de reptiles y dos de anfibios, los primeros no pudieron ser identificados, pero los anfibios fueron dos especies de sapos. Los saltamontes, bichos verdaderos, grillos, escarabajos, abejas, avispa y hormigas fueron los insectos identificados y las arañas predominaron entre los arácnidos. En cuanto a las dos especies de peces que se encontraron fueron la trucha arcoíris y el pejerrey. Dentro del área del proyecto no se identificaron especies endémicas ni protegidas (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

El proyecto está ubicado en dos distritos de la provincia de Huaraz, los cuales son Jangas e Independencia, los cuales están posicionados en la Cordillera Negra. Alrededor de Pierina viven aproximadamente unas 1500 personas donde su lengua materna es el quechua. La principal actividad económica que desarrollan los pobladores es la agricultura, seguida de la ganadería y por último la minería (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

2.4 Área de Influencia Directa e Indirecta de la Unidad Minera Pierina

El proyecto tiene un área de influencia directa, la cual abarca 18 comunidades que están ubicadas en dos distritos los cuales son Independencia (San Juan de Pisco, Shecta, Chontayoc, Ramón Castilla y Tinyash) y el distrito de Jangas (Jangas, Chaquecyaco, Jahua, Huanja, Huantallón, Mareniyoc, Mataquita, Pacollón, Tara, Cahuish, Antahuarán, Atupa y Cuncashqa) (Ríos Zúñiga, 2019).

Y el área de influencia Indirecta abarca los distritos de Pira, Huaraz, Tarica y la Libertad.

2.5 Proceso Productivo de la Unidad Minera Pierina

La extracción del mineral y desmonte es con una operación a tajo abierto con camiones y cargadores. La parte más alta del tajo es a 4190 msnm mientras que el punto de extracción más bajo será a 3740 msnm. El área del tajo es de aproximadamente 1 km². La perforación del mineral es en bancos de 8 a 10 metros de altura, para esto se utilizan taladros de 150 a 250 mm de diámetro con un distancia de separación entre 6 a 8 metros. De igual forma la zona de desmonte es perforada en bancos de 8 a 10 metros de altura con las mismas planillas de perforación. Los explosivos utilizados para disparar el mineral y desmonte es con base de nitrato de amonio, con un factor de carga promedio de 0.29 kg por tonelada de roca. Aproximadamente se consumirá 15.000 kg de explosivos. Cargadores frontales cargan la roca removida de 12 a 20 m³ a otros camiones que tienen capacidad de 100 a 150 toneladas. El desmonte es acarreado a una zona de almacenamiento o a zonas de construcción. El mineral se traslada a la chancadora o a las pilas de lixiviación. Para el diseño final del talud se basó en condiciones sísmicas y también de una caracterización geológica del lugar. De igual forma se hizo un análisis de estabilidad de los taludes para asegurar su estabilidad durante la operación y cierre del proyecto. Dentro del tajo abierto hay rampas con un ancho de 25 m con una gradiente promedio de 8%. Los caminos de las zonas de acarreo, de almacenamiento de desmonte, pilas de almacenamiento de mineral y de lixiviación tienen 30 metros de ancho aproximadamente

adicionando el espacio para bermas y zanjas de drenaje. Todos los caminos son rociados con agua para evitar la generación de polvo. El agua subterránea o superficial que ingrese al tajo será drenada para usarla en el control de polvo y el excedente será descargada, si estas necesitaran de un tratamiento previo será a través de pozas de sedimentación, las cuales están construidas en las paredes norte y este. Es probable que las rocas extraídas sean fuentes generadoras de drenaje ácido con el pasar del tiempo, es por eso que el agua es monitoreada y se trata si es necesario. Para las aguas ácidas su pH se eleva adicionando cal para así precipitar los metales pesados antes de ser descargada. Al costado de la chancadora primaria se estableció una zona para poder apilar el mineral de hasta 10 días de producción (200 kt). De igual forma cerca de la plataforma de las pilas de lixiviación se estableció una pila de almacenamiento de mineral pero más pequeño, con una capacidad de 20000 toneladas. Aproximadamente un 66% del contenido del tajo abierto es de roca de desmonte, estas serán trasladadas con cargadores frontales hacia camiones de acarreo, su granulometría es de aproximadamente 30 cm. La zona de procesamiento de lixiviación de pilas comprende las operaciones de chancado, lixiviación, y manejo de solución, también se incluye una planta de recuperación de oro y una instalación de tratamiento de solución pobre. Se aplica una solución de pH básico que esta diluida en cianuro en las pilas de mineral, seguidamente se capta y se bombea la solución enriquecida a la zona de recuperación de oro. Después de esta recuperación se genera una solución pobre la cual es reciclada echándola nuevamente a las pilas. En el proceso de trituración el mineral es descargado en la chancadora primaria donde será reducido a un tamaño de 150 mm. El mineral con un diámetro de 40 mm es descargado a la faja transportadora y el que tenga un diámetro mayor pasa a través de la chancadora secundaria y luego es descargada a la faja de transferencia. Continuamente se registra la masa del mineral con una balanza instalada en la faja transportadora. Esta faja transporta el mineral y lo descarga en una pila de almacenamiento de mineral triturado con una capacidad de 20000 toneladas. En la descarga de la chancadora secundaria se agrega cal para así mantener el pH por encima de 9. Sin embargo el mineral también puede transportarse sin ser triturado desde el tajo abierto hasta las pilas de lixiviación. La zona donde se ubican las pilas de lixiviación ocupan un área de 166 ha con una capacidad de 110 millones de toneladas métricas. Para la construcción de estas pilas se usó una tecnología llamada Sistema de Relleno de Valle, donde se construyó una presa en el Valle de Pacchac. Se tienen dos objetivos con esta tecnología, la primera es estabilizar la base de la pila y también asegurar que la solución del proceso y las aguas pluviales se almacenen. La presa está recubierta con revestimientos sintéticos y una capa de arcilla, pero adicionalmente para asegurar su estabilidad se añadió un sistema de drenaje. Para captar la

solución rica de la lixiviación se instaló un sistema de tuberías. Encima de la plataforma de las pilas se apila el mineral con una altura de 135m. Para extraer el oro se usa una solución diluida de cianuro y la solución pobre es almacenada en un tanque para luego ser añadida nuevamente a las pilas y la solución enriquecida se drena hacia la zona de almacenamiento y luego a la instalación de recuperación de oro. Se usa un proceso de precipitación con zinc Merrill-Crowe para la recuperación de oro donde se emplea nitrato de plomo, tierra diatomácea, polvo de zinc, anti-escamante.

En cuanto a las instalaciones auxiliares se tiene oficinas que ocuparan 400 m², campamentos, laboratorios, almacén, talleres de mantenimiento, relleno para desechos sólidos, transmisión y distribución de energía, planta eléctrica de emergencia, caminos, servicio de transporte, cercado, instalaciones de salud, provisión de agua potable, provisión de agua, tratamiento de aguas servidas, equipo de monitoreo, estructuras de control de drenaje, instalaciones de almacenamiento de combustible, aceites y sustancias químicas, almacenamiento de explosivos y la planta portátil de chancado (Minera Barrick Misquichilca S.A., 1997).

2.6 Contexto Unidad Minera Pierina: Aspectos de interés a resolver

En Pierina, dentro de toda la Unidad Minera, tomando en cuenta todas las actividades, se han identificado los siguientes Aspectos Ambientales Significativos:

- Potencial derrame de hidrocarburos
- Emisión de polvo
- Vibraciones
- Generación de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos
- Potencial derrame de cianuro
- Potencial derrame de mercurio
- Consumo de agua
- Consumo de energía
- Efluentes industriales
- Emisión de gases y vapores
- Potencial derrame de oxidantes y corrosivos
- Desarrollo social de comunidades

Para este trabajo de investigación, el interés está centrado principalmente dos de ellos: Consumo de agua y Consumo de energía.

En el área administrativa, correspondiente al alcance de esta investigación, laboran las áreas: Gerencia General, Medio Ambiente, Recursos Humanos, Logística, Legal, Relaciones Comunitarias, Sistemas, Proyectos, Prevención de Riesgos, Seguridad Patrimonial, Comunicaciones y Servicios.

Cada una de ellas ejecuta distintas funciones, algunas de ellas son realizadas en campo, pero en su mayoría son ejecutadas en oficina.

En el caso de consumo de agua, este principalmente se debe a:

- Servicios higiénicos (lavamanos e inodoros)

En los módulos donde se encuentran las oficinas se cuenta con instalaciones de servicios higiénicos para los trabajadores. Estos funcionan las 24 horas, se trata de lavamanos e inodoros convencionales, sin ningún tipo de accesorio ahorrativo.

- Duchas

El uso de duchas es principalmente para los trabajadores del área de Seguridad Patrimonial. El personal correspondiente a esta área trabaja con un horario especial respecto a los trabajadores convencionales, realizan guardias de 24 horas de acuerdo a un cronograma establecido. De igual manera, se trata de duchas convencionales sin ningún tipo de accesorio.

En cuanto a consumo de energía, principalmente a:

- Iluminación

Tanto en oficinas como en pasillos de los módulos de administración, se cuenta con dispositivos de iluminación, fluorescentes tipo rejilla de luz blanca. El problema con este aspecto es el consumo innecesario que se da muchas veces por descuido de los trabajadores.

El horario de trabajo habitual es de 7 de la mañana a 7 de la noche, siendo un periodo de 12 horas. Es común que los trabajadores pasen entre un 80 y 85% de este tiempo en

las oficinas, sin embargo, una práctica inadecuada que es habitual observar es que, en el porcentaje de tiempo que no se encuentran en sus oficinas, los trabajadores no apagan los fluorescentes, se mantienen prendidos a pesar de que la oficina o ambiente no se encuentre en uso, de esta manera se consume innecesariamente energía eléctrica debido al descuido, falta de atención y hasta posiblemente de conocimiento por parte de los trabajadores.

- Aparatos electrónicos

El principal instrumento y herramienta de trabajo en cuanto a las áreas administrativas es la computadora. Cada trabajador tiene asignado como mínimo una computadora (en algunos casos dos) para su uso diario. Ocurre una situación muy similar que en el caso de la iluminación.

Los trabajadores no apagan las computadoras cuando estas se encuentran sin uso, incluso durante la noche. Es común que las computadoras permanezcan prendidas, en estado de stand-by las horas que no son utilizadas, constituyendo un 60% del día aproximadamente. De igual manera, se consume energía innecesariamente, que aunque, es cierto que no consume la misma cantidad de energía que en el caso que se encontrara siendo usada, representa un consumo innecesario.

Consideramos también un aspecto a tener en cuenta para la investigación el consumo de combustible, ya que este también contribuye para la Huella de Carbono del área administrativa de la Unidad Minera.

El consumo de combustible se relaciona con el uso por:

- Vehículos livianos

Los principales vehículos utilizados por los trabajadores del área administrativa son las camionetas 4x4. Su uso es principalmente para el traslado de un módulo a otro o en el caso que se requiera realizar alguna actividad en campo.

Dentro de la Unidad Minera se tiene un área de abastecimiento de combustible, el utilizado por las camionetas es diésel, el cual está disponible las 24 horas para que el trabajador pueda abastecer su unidad.

A cada trabajador se le asigna un código de conductor y de igual manera cada vehículo tiene su código respectivo. Es así como se lleva el control de abastecimientos, el sistema registra la cantidad, fecha y conductor responsable del abastecimiento de combustible de cada vehículo.

El principal problema a considerar en cuanto a este aspecto es el estilo de manejo de gran parte de los conductores, muchos de ellos no conocen las especificaciones o recomendaciones a tener en cuenta respecto al modelo de cada vehículo, cada uno de ellos tiene consideraciones para lograr un eficiente uso de combustible, pero no existe una capacitación previa que incluya esta información para los conductores, lo cual ocasiona que muchas veces se consuma más combustible de lo necesario.

- Actividad de Cocina

El área administrativa cuenta con un comedor/cocina, el cual se encuentra a cargo de una empresa contratista. Los responsables de esta área se encargan de la preparación de alimentos de desayuno, almuerzo y cena para los trabajadores que deseen adquirirlos. El combustible utilizado es GLP en balones.

La preparación de alimentos se realiza diariamente, por un equipo de 3 a 5 personas normalmente.

En la Unidad Minera, se nota un escenario de uso de recursos (agua, energía eléctrica y combustible) poco informada. Los trabajadores no los utilizan de manera eficiente, principalmente por falta de conocimiento.

Como consecuencia de esto, se generan impactos negativos hacia el medio ambiente:

- Consumo de agua

La sobreexplotación del recurso agua, puede traer en consecuencia la escasez de esta.

Esta situación se manifiesta por la insatisfacción de la demanda existente, competencias económicas por cantidad y calidad de agua, problemas entre usuarios y consecuencias respecto al medio ambiente; y sus causas se deben principalmente a la intervención antrópica en el ciclo hidrológico. Varía dinámicamente a través del tiempo de manera natural, pero incrementa dicha variación debido a la gestión con la cual se maneja, la planificación realizada y la política. Se tiene previsto que el escenario de escasez de agua incrementa de intensidad debido al desarrollo económico, pero si las causas de ello son identificadas a tiempo y de manera adecuada, es posible que se puedan evitar o mitigar (FAO, 2013).

Para lograr que la intervención humana en el ciclo del agua sea sostenible, se debe encontrar un correcto equilibrio con la zona de recarga y la de descarga, al extraer mayor cantidad de recurso del que se recarga se produce una sobreexplotación, lo cual es uno de los principales problemas en este campo. La disponibilidad del agua es uno de los más importantes elementos que se consideran para lograr la sustentabilidad.

Es así que se sugiere, como un camino para solucionar problemas en torno a la posible escasez de agua, otorgar al agua un valor real, mediante criterios y principios de equidad social y mantenimiento del ciclo natural del agua, facilitar el acceso a información adecuada, real y suficiente que pueda servir para orientar a la sociedad en su toma de decisiones, y enfatizar en la educación ambiental de esta, que permita la comprensión y toma de conciencia de la problemática y crisis del agua. Se hace necesario el propiciar una transformación a una nueva cultura del agua, en donde se defina un modelo de desarrollo en el cual se cambie el pensamiento de considerar el agua como simplemente un factor de producción, sino como un “activo ecosocial”, que promueva la gestión sustentable del recurso (Monforte García & Cantú Martínez, 2009).

- Consumo de energía y combustible

En ambos casos, las actividades contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero.

Se tiene concordancia en el mundo científico de que, la probabilidad de que el escenario de cambio climático que experimentamos actualmente se deba a las actividades humanas las cuales provocan la emisión de Gases de Efecto Invernadero, es muy grande.

Una emisión continua de Gases de Efecto Invernadero (GEI) provoca que se incremente el calentamiento de la superficie terrestre. El sector de energía es el aportante de las dos terceras partes de las emisiones de GEI y corresponde al 90% del total de emisiones de CO₂ de la industria. Así, el carbón representa el 44% de las emisiones de CO₂ al año, seguido del petróleo con un 35% y el gas con 20%. La generación de electricidad representa un total del 40,1% de las emisiones (Dossier Cepsa, 2015).

Gran cantidad de las actividades que emiten GEI son indispensables para la economía mundial, sin embargo, si estas emisiones continúan incrementándose, nuestro planeta aumentará su temperatura en los próximos años. Es por esto que ha empezado a hacer relevante el adquirir conocimientos sobre los GEI y el impacto que tienen las actividades antrópicas en el clima del planeta.

El creciente desarrollo económico y la industrialización hace muy probable que el consumo de energía continúe incrementándose, lo cual significa también un incremento en los GEI. Es por esto que, en la actualidad, distintas empresas y organizaciones se están preocupando por proponer alternativas al uso de energía convencional, ya sea empleando energías renovables o mediante la optimización de procesos o actividades (Morales Guillén & Pacheco Cruz, 2008).

2.7 Unidades Mineras con similitud a la Unidad Minera Pierina

A continuación, se hará una descripción de Unidades mineras con similitudes a la Unidad Minera Pierina y los problemas socioambientales de dichas unidades.

- Proyecto Cerro Corona

Este es un proyecto desarrollado por la Sociedad Minera La Cima S.A., este consiste en la explotación a tajo abierto de un yacimiento de oro y cobre, donde se utiliza para el

procesamiento del mineral un sistema de molienda y flotación con la ayuda de una planta concentradora con capacidad de 17000 TDP. Cerro Corona se encuentra ubicado políticamente en el distrito de Hualgayoc en el departamento de Cajamarca entre los 3600 y los 4000 m.s.n.m. El área de influencia del proyecto incluye la Comunidad Campesina El Tingo, incluyendo su Anexo el Predio La Jalca, el cual está conformado por los caseríos Pilancones, Coymolache y el Centro Poblado Urbano de Hualgayoc. La etapa de operación considera las actividades de movimiento de materiales producto de la explotación en el tajo abierto, el tratamiento del material se da en la planta de concentradora mediante el proceso de flotación obteniendo la separación selectiva del concentrado de cobre con contenido de oro. A continuación se enlistan las actividades de todo el proyecto: Explotación del yacimiento, Disposición de desmonte y óxido mineralizado, Acopio de mineral en mina y transporte hasta la planta de flotación, Construcción de las otras fases de la presa de relaves, Transporte y disposición de relaves, Operaciones de mantenimiento de equipos y finalmente el Transporte de concentrados (Knight Piésold Consulting, 2005).

La calidad del agua se ve afectada por tres aspectos recurrentes. El primero es por los pasivos ambientales de la anterior minería que la población ya conoce. Luego está la contaminación de la minera San Nicolás que sigue vertiendo sus desechos al río Tingo. Por último la mayoría de las actividades agropecuarias de los 41 caseríos sigue desarrollándose sin que sientan cambios atribuibles a la nueva minería. De igual forma existe una preocupación sobre el impacto a los colchones acuíferos que abastecen el sistema de agua potable de dieciocho comunidades en el distrito de Bambamarca (Huamaní Ober Giselle, 2011).

- Proyecto Conga

Está ubicado en la Encañada, Huasmín y Sorochno, provincias de Celendón y Cajamarca, departamento de Cajamarca, aproximadamente a 585 km de la ciudad de Lima a una altitud entre 3700 y 4262 m. en la cabecera de la quebrada Toromacho, río Alto Jadimaba, Quebrada Alto Chirimayo, Quebrada Chugurmayo y el Río Chailhuagón. Todas estas cuencas y ríos descargan sus aguas al Río Marañón el cual es un afluente del río Amazonas. La humedad atmosférica de la zona tiene promedios anuales entre 77.2% y 93%, la temperatura del aire máxima promedio mensual esta entre 10.1 °C y 13.1 °C. Desde Mayo hasta Septiembre se encuentra en la temporada seca y desde el mes de Octubre hasta abril se encuentra en la temporada húmeda. El proyecto consiste en la explotación de dos depósitos de pórfidos de

cobre con contenidos de oro. Se calcula una extracción de 1085Mt de material donde se incluye el mineral, roca de desmonte y mineral de baja ley, la tasa de procesamiento de mineral es de 92000 tpd. Se calcula que el depósito Perol tiene una reserva de 344 Mt de mineral y el depósito Chaihuagón una reserva de 160 Mt, la ley promedio de cobre es de 0.28% y de oro un promedio de 0.72 gramos por tonelada. El material extraído de los tajos es trasladado a las instalaciones de chancado y procesamiento. Aquí el material se chanca y muele para después ser transportado a un circuito de flotación convencional para así poder producir el concentrado de cobre con un alto contenido de oro y plata. Finalmente, este producto se lleva a un puerto de la costa con la ayuda de camiones para así ser despachado a otros países (Knight Piésold Consultores S.A., 2010).

Se empezaron a generar impactos ambientales, siendo el recurso hídrico el más afectado, la empresa tuvo que eliminar canalizaciones que usaban las comunidades para irrigar sus terrenos, de igual forma se eliminaron fuentes de agua, la laguna Yanacocha desapareció por la remoción de tierras ya que estaba sobre un yacimiento de oro (Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina, 2019).

2.8 Historia del concepto Huella Hídrica y aplicaciones en proyectos e investigaciones

Arjen Hoekstra del Instituto de Educación del Agua de la UNESCO fue el que dio a conocer el concepto de Huella Hídrica en el 2002 el cual es “el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir bienes y servicios de un individuo, de una comunidad o de una organización. Esta se mide por el volumen de agua consumida, contaminada o evaporada ya sea en un tiempo determinado o en una cantidad determinada. De igual forma se considera como un indicador de uso directo e indirecto. (Asociación Española para la Calidad (AEC), 2019). Este concepto ha ido evolucionando ya que se fijaron fórmulas para poder calcularla. El principal objetivo de su cálculo, es porque se ha detectado en muchos países y áreas geográficas que existe un déficit a nivel de gestión del recurso hídrico. La información aportada nos ayuda a conocer en qué puntos de la producción se puede reducir el consumo de agua (Centro Nacional de Información de la Calidad, 2019).

Se tiene un sinnúmero de investigaciones, proyectos etc. donde se aplique este indicador, por ejemplo se usó como una estrategia de educación ambiental enfocada a la gestión del recurso hídrico en comunidades rurales de Villavicencio, al hacer esta inclusión de huella hídrica y su

cálculo como una estrategia educativa permitió que los líderes de los corregimientos del municipio de Villavicencio se apropiaran de la importancia del uso adecuado del agua y de la responsabilidad ganada para transmitir y replicar las experiencias alcanzadas en su localidad. La información adquirida permite que haya un cambio en la forma de percepción de las comunidades en cuanto al uso de los recursos y de igual manera con el cambio de actitudes para que así se mejore la relación hombre, naturales y sociedad (Delgado García, Trujillo Gonzáles, & Torres Mora, 2013).

En Perú la Autoridad Nacional del Agua, realizó estudios de huella Hídrica en tres alimentos, arroz, esparrago y quinua, con el propósito de poder cuantificar cuanto de agua se utiliza para la producción de estos cultivos. Se comenzó identificando los departamentos con mayor número de hectáreas cultivadas, los cuales fueron San Martín con 63652 ha, seguido por Piura con 46438 ha y Lambayeque con 38221. Los nombrados son los tres de los dieciocho departamentos con la mayor cantidad de hectáreas cultivadas con arroz, de igual forma se muestra la producción de arroz por toneladas de los dieciocho departamentos considerados. Con esta información se hizo un mapeo de las zonas con mayor producción. Para la huella hídrica gris el contaminante principal es el nitrógeno, donde el 90% es asimilado por la planta y el restante se percola hacia el agua subterránea. El mayor consumo de agua se da en los departamentos de Lambayeque, Piura y La Libertad. La huella Hídrica Gris corresponde a un 7%, el 9% a la Huella Hídrica Verde y finalmente el 84% es de la Huella Hídrica Azul. La huella hídrica total promedio del arroz es de 6496,04 m³/ ton. El segundo estudio fue del cultivo de espárragos, los departamentos con más hectáreas cultivadas fueron Ancash, Ica, La Libertad, Lambayeque, Lima y Piura. En este caso La Libertad cuenta con el mayor número de hectáreas cosechadas siendo un total de 13612 ha y 132459 toneladas, luego esta Ica con 11752 ha y 104526 ton. La huella hídrica promedio por departamento se presenta y los más relevantes son Ica con 51% del total y La Libertad con el 31%. Se muestra también el porcentaje por cada componente, la huella hídrica azul conforma el 84% del total. Ica es el departamento con mayor consumo de agua con un total de 2014 hm³/año. Finalmente el tercer estudio se enfocó en la quinua, la cual es cultivada en trece departamentos del Perú. La producción anual en el periodo 2001 – 2012 fue de 33450 toneladas. El departamento de Puno fue el de mayor producción con un 78% del total. El periodo vegetativo de la quinua es de 155 días (cinco meses) y se siembre en Diciembre. Invertir en un sistema de riego conllevaría a un aumento en su producción y aumentar la eficiencia, ya que la mayoría

de las zonas donde se produce este cultivo tienen estrés hídrico y esto se asocia a los bajos rendimientos.

Este producto tiene un alto valor nutritivo y actualmente se ha convertido en un alimento de exportación no tradicional. Su demanda ha aumentado con el transcurso de los años, en 1997 solo se exportaban 2 toneladas y para el 2012 ya se exportaban 10275 toneladas a 36 países de los cuales el principal comprador es Estados Unidos. La quinua es un cultivo resistente a la sequía, pero se ha demostrado que su rendimiento con agua aumenta en 180%. En los suelos andinos se utiliza 174 kg/ha de urea al 46%, de superfosfato de calcio triple al 46% se usa 88 kg/ha, no se usa potasio ya que los suelos son ricos en ese elemento. Pero para cultivos comerciales se aplica 523 kg/ha de urea, 435 kg/ha de superfosfato triple de calcio y de cloruro de potasio al 60% se usan 164 kg/ha. La huella hídrica promedio de la quinua para el periodo de 2001- 2012 fue de 3841,47 m³/ton. La huella hídrica verde es de 3067 m³/ton que es el 80%, seguido por la gris que es un 14% y 535 m³/ton, finalmente la huella hídrica azul la cual es de 211 m³/ton siendo el 6% del total. Se hizo un estudio de la agricultura en el Valle de Ica en el periodo 1950 – 2007 donde se midieron los impactos ambientales relacionados principalmente con los que están relacionados con el recurso hídrico en la actividad agrícola. Uno de los capítulos de la investigación usa el concepto de Huella Hídrica agraria y se muestra una evolución histórica de los 13 principales cultivos del Valle y cuanta es el agua que se utiliza entre los años de 1950 a 2007, de igual forma se considera las hectáreas sembradas. El algodón fue el cultivo que utilizó más agua con un 56% del agua total disponible, seguidamente se posiciona el esparrago con un 9% de agua utilizada. Durante el periodo mencionado la agricultura uso el 91% de agua, el 7% fue por el consumo humano y el restante que es el 2% fue para otros fines (Rendón, 2015).

Otra investigación evaluó la utilidad de la huella hídrica como medida de presión sobre los recursos hídricos, aquí se identificaron los beneficios y limitaciones del uso de este indicador ambiental como una herramienta de ayuda en la planificación y gestión del agua, de igual forma su utilidad en la comunicación de la sostenibilidad ambiental en productos, proceso y/o servicios. Se aplicó la metodología propuesta por Water Footprint Network a dos casos: La agricultura de la cuenca del Duero y para el sector porcino español.

La creación de CWUModel que es un modelo de análisis espacial, se logra cuantificar el agua consumida en volumen y de igual forma el agua contaminada por la agricultura que se desarrolla en la cuenca del Duero. Este modelo se basa en ecuaciones de balance hídrico, logrando así simular el consumo de agua por cada cultivo. Se hace una distinción entre los

cultivos en secano y en regadío, para así diferenciar entre la huella hídrica verde de la huella hídrica azul. Se logró estimar el volumen de nitrógeno lixiviado mediante la aplicación de una regresión, esto por consecuencia del uso de fertilizantes, permitiendo así evaluar la huella hídrica gris. Se hizo también un análisis geográfico el cual permitió comparar los valores de huella hídrica simulados con la disponibilidad temporal de agua en la cuenca, se identificaron los periodos y el grado de estrés. También se hizo un análisis monetario donde se incorporaron ciertos criterios económicos en la evolución de la huella hídrica, así se logró identificar los cultivos con una mayor productividad aparente del agua y de la tierra. Para el sector porcino español se identificaron los principales sistemas de producción. Se ha evaluado la huella hídrica de dos sistemas, una que es la producción de cerdo blanco y la segunda que es la producción de cerdo ibérico de forma estabulada. Y también de dos sistemas extensivos, le primero producción de cerdo ibérico en montanera y en recebo. La alimentación del animal tiene una huella hídrica mayor, es por esto que se ha prestado más atención a identificar y cuantificar los flujos de agua. Se desarrolló un análisis de sostenibilidad ya que se hizo una comparación con otros índices de escasez y también índices de contaminación del agua en las cuencas de origen. Se logró identificar los flujos donde se da un uso insostenible del recurso hídrico, es decir los principales hotspot. La principal gestión de los purines porcinos es por la aplicación de fertilizantes en la agricultura, así se ha dado una evaluación de la huella hídrica gris provocada por la lixiviación o percolación del nitrógeno aplicado (García, 2013).

2.9 Contexto Hídrico actual a nivel nacional

El país cuenta con 231 cuencas hidrográficas y el 70% de los glaciares tropicales que hay en el mundo se encuentran en los andes peruanos. Lamentablemente la disponibilidad hídrica, sobretudo en la costa, área que alberga al 70% de la población es menor al 2% del total a nivel nacional. Los efectos del cambio climático combinado con la contaminación de las fuentes de agua, crecimiento poblacional y el desarrollo acelerado en el sector económico hace que haya la necesidad de formular lineamientos y normativa enfocados a los Recursos Hídricos para así mejorar la gestión del agua (Pérez, 2019).

Se creó la Autoridad Nacional del Agua (ANA), quien es el ente rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, el objetivo de este sistema es realizar la gestión integrada,

participativa y multisectorial de los recursos hídricos (Comunidad de Práctica 'Ciencia para la Adaptación', 2019).

La competencia de la ANA es como ya se dijo anteriormente, asegurar la gestión integrada, participativa y multisectorial del agua y de sus bienes asociados, buscando que las entidades del sector público y privado trabajen articuladamente para lograr el objetivo (Comunidad de Práctica 'Ciencia para la Adaptación', 2019).

En el 2018 se creó el "Programa Huella Hídrica" el cual comprende de un conjunto de actividades destinadas a reducir el consumo e impacto a los recursos hídricos, así como también desarrollar acciones de responsabilidad social las cuales generen valor compartido en las cuencas. Cabe destacar que es un programa voluntario para las empresas privadas. Al participar en este programa se obtiene el Certificado Azul, el cual es un reconocimiento cuando se logra ejecutar con éxito todos los compromisos establecidos aplicando buenas prácticas para un uso más eficiente en el uso del agua (Resolución Jefatural N°104-2018-ANA, 2018).

El compromiso de disminución del consumo de agua se basa en dos parámetros, el uso Directo donde se considera la actividad principal y procesos no productivos, la calidad del agua residual y el reúso del agua. Y el uso Indirecto que abarca el consumo de energía, transporte y uso de combustibles y el consumo de agua de los proveedores. De igual forma se tiene el proyecto de Valor Compartido donde se formulan acciones sinérgicas con la población (Verano, 2018).

2.10 Historia del concepto Huella de Carbono y aplicaciones en proyectos e investigaciones

En cuanto a la Huella de Carbono nace como una propuesta para poder cuantificar y generar un indicador del impacto producido por una actividad o proceso sobre el cambio climático.

Su concepto se originó gracias a movimientos ambientalistas, sobretudo movimientos británicos, ya que estos cuestionaron el consumo de alimentos producidos en zonas alejadas al lugar de consumo, respaldando así el consumo de productos locales, los cuales los consideran más amigables con el ambiente ya que no se incluyen emisiones de gases de efecto invernadero relacionados al transporte desde zonas lejanas. En si no se tiene un origen claro de la definición, sin embargo se considera que es una extensión del concepto de Huella Ecológica que fue desarrollada en los 90 por el ecólogo William Rees. El concepto de Huella de carbono ha

tomado mayor importancia desde el 2005 gracias a diversas campañas ambientales. Ahora es considerado un indicador del impacto atmosférico en el clima (Reinoso Navarro, 2018).

Se define como la cantidad de emisión de gases relacionada a actividades de producción o consumo de un individuo, población u organización. Las definiciones varían desde unas simplistas que solo consideran las emisiones de CO₂, a otras más completas donde se considera el ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo la producción de materias primas y el destino final del producto.

Diferentes organizaciones han propuesto modelos para poder contabilizar e identificar los impactos de los gases de efecto invernadero en servicios y productos. Los modelos más importantes son impulsados por los gobiernos, donde se busca facilitar la definición de los estándares nacionales. Y otros modelos tienen como objetivo lograr reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los procesos productivos o en los procesos para brindar un servicio, también estos se enfocan solo en la entrega de información de calidad a los clientes y al gobierno. Diferentes países como Estados Unidos, Alemania, Reino Unido, Japón y Francia han logrado desarrollar aún más la definición y aplicación de metodologías para ser aplicadas en el cálculo de la huella de carbono. Logrando así contabilizar las emisiones para que así las empresas trabajen con sus proveedores para que estos también las reduzcan.

Existen diversas metodologías, que a su vez estas se dividen en tres tipos. La primera que son Guías Generales donde se incluye las normas ISO, que son estándares de referencia para lograr el cálculo de la Huella de Carbono. El segundo tipo son las Guías Especificas donde está la PAS 2050, Bilan Carbone o el GHG protocol para la contabilidad, calculo y monitoreo de los Gases de Efecto Invernadero. Por ultimo están las herramientas de cálculo para las actividades específicas como el transporte o el comportamiento del consumidor.

En Alemania se desarrolla un Proyecto de Huella de Carbono en productos llamado PCF Projekt, aquí se utiliza como referencia el PAS 2050 del Reino Unido para elaborar un estándar para la huella de carbono de los productos. Este se inició en el 2008 y se busca trabajar en conjunto con organizaciones de sectores como alimentos, minoristas, telecomunicaciones, bienes de consumo, etc. En el 2009 se presentó un piloto donde se contemplaron 15 productos en total.

Se desarrolla en España un proyecto para poder desarrollar un sistema que ayude a calcular la huella de carbono de los agro-alimentos de la comunidad de Andalucía, el resultado será incluido en el etiquetado de los alimentos. Esto es desarrollado por la Asociación de Empresas de Productos Ecológicos de Andalucía.

En el Reino Unido en el año 2005 se empezó a desarrollar una metodología para poder identificar y medir las oportunidades de reducción de emisiones en su cadena productiva. En el año 2007, Carbon Trust, con ayuda de diferentes partes interesadas y con nuevas investigaciones, lanzó una iniciativa voluntaria para medir y reducir los gases de efecto invernadero emitidos en todo el ciclo de vida de los productos. El objetivo de esta iniciativa era que las empresas reduzcan sus emisiones a lo largo de su cadena productiva, todo esto sobre una base confiable respecto a las emisiones, de igual forma ayudar en tomar medidas de reducción que se amolden a sus capacidades y necesidades.

TESCO fue la empresa pionera en el Reino Unido en aplicar esta metodología, realizando la medición y el etiquetado de sus productos para así apoyar al consumidor al momento de escoger un producto en función a la huella de carbono. Todo este proceso sirvió de modelo para otros países y empresas y ha logrado que la empresa aumente la demanda de sus productos gracias al tipo de información brindada (Schneider & Samaniego, 2010).

Una investigación realizó la determinación de los límites operacionales de una Unidad Minera de Oro a tajo abierto, aquí se definieron los alcances correspondientes, los cuales son tres. Seguidamente se hizo la determinación de la Huella de Carbono de cada uno de los alcances utilizando metodologías las cuales serán nombradas a continuación: Guías para el Inventario Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (2006), el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, el factor de Emisión elaborado a partir de los datos del COES SINAC, para el alcance 3 se tomaron en cuenta otros factores. Se realizó un análisis porcentual enfocada a la Huella de Carbono generada por cada unidad minera, finalmente se hizo una propuesta de mejora basada en los resultados obtenidos. La huella de carbono total de la unidad minera para el año base 2007 fue de 26411,93 tCO₂eq, concluyendo que las áreas con mayor contribución fueron las Operaciones Mina con 112114,83 tCO₂eq, es decir el 42.46% y Planta con 10908,46 tCO₂eq que es el 41.30%. También se concluyó que los alcances 1 y 2 son los que contribuyen mas la Huella de Carbono total con 11934,05 tCO₂eq para el alcance 1 que es el 45% y 8186,16 tCO₂eq que es el 31% para el alcance 2. Finalmente e alcance 3 obtuvo un total de 6291,73 tCO₂eq, que es el 24%. Aplicando

la propuesta de mejora se reduciría un total de 1138,36 tCO₂eq que es equivalente a un 4,31% del total de la Huella de Carbono de la Unidad Minera (Benites Colán, 2019).

En América Latina se ha desarrollado el Proyecto Huellas de Ciudades el cual es una iniciativa del Banco de desarrollo de América Latina en alianza con la Agencia Francesa de Desarrollo y Alianza Clima y Desarrollo, el cual fue facilitado por la Fundación Futuro Latinoamericano e implementado por Servicios Ambientales S.A. Este proyecto se ejecuta con ayuda directa de los Gobiernos Municipales promoviendo así el crecimiento de las ciudades buscando su desarrollo con bajas emisiones de carbono y se vuelvan resilientes al cambio climático. Todo esto gracias a la medición de las Huellas de carbono e Hídricas de los gobiernos municipales como organizaciones. Medición de las huellas de carbono y hídricas de las ciudades. Planteamiento de estrategias para reducir las huellas así como también establecer metas de reducción. Proponer e implementar proyectos piloto con el objetivo de reducir las Huellas. Involucrar al máximo de partes interesadas para realizar la medición y reducción de las Huellas. Buscar que los Gobiernos Municipales creen capacidades para poder medir y monitorear sus Huellas.

Se ha enfocado el proyecto en 14 ciudades de Latinoamérica las cuales son: Santa Cruz de la Sierra, La Paz, Cochabamba, Tarija, El Alto, Quito, Loja, Guayaquil, Cuenca, Santa Cruz de Galápagos, Lima, Cali, Fortaleza y Recife. La elección se basó en que estas ciudades tienen una vulnerabilidad muy alta al cambio climático y presentan riesgos en el agua. De igual forma estas al tener una base importante de estrategias, políticas, planes, proyectos y programas que están relacionados a la adaptación y mitigación al cambio climático permite que exista un ambiente favorable para el desarrollo del proyecto. Se ha desarrollado el Ciclo de Gestión de Huellas, para esto se requiere realizar un diagnóstico de la situación actual de las ciudades participantes, a través de la evaluación de sus Huellas Hídricas y sus Huellas de Carbono, a partir de estos resultados se desarrollan proyecciones a corto, mediano y largo plazo, poniendo dos escenarios, el primero “sin reducciones” y el segundo que es “con reducciones”. Después de este proceso se hace un portafolio de proyectos los cuales deben estar enfocados a la reducción de ambas huellas, se incluye también un análisis costo – beneficio de las estrategias propuestas, así se logra definir un rango de metas de reducción. El ciclo vuelve a empezar con el Diagnostico con el objetivo de evaluar periódicamente la efectividad de los proyectos que se van implementando, y también para

poder plantear escenarios nuevos de reducción al igual que nuevas metas (Huella de Ciudades, 2014).

En Colombia se desarrolló una investigación enfocada en la producción ganadera bovina, la cual representa un sector de significativa importancia económica, ya que aporta aproximadamente un 64% del producto bruto interno de tipo pecuario, entonces se considera como un importante reglón para el desarrollo social y económico de las regiones. Se han desarrollado diversas metodologías y herramientas que permitan medir los efectos de las unidades productivas con el objetivo de evaluar el impacto ambiental que tienen estos sistemas de producción bovina. Como resultados se obtuvieron que por cada litro de leche se obtienen valores que van desde 0.3267 kg de CO₂ hasta 9.021 kg de CO₂, estos se obtuvieron utilizando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida simplificado. Se estimó también que la huella de carbono de 1 kg de leche grasa y proteína corregida fue de 3.75 kg de CO₂ (Paéz Barón, Corredor Camargo, & Fonseca Carreño, 2018).

2.11 Contexto actual a nivel nacional respecto a gases de efecto invernadero

El cambio climático trae consigo grandes desafíos para el Perú, ya que hay un incremento en el suceso de desastres naturales, reducción de especies vulnerables, etc. Los Gases de Efecto Invernadero son una de las principales causas de este calentamiento global y gracias a que el país está en pleno crecimiento económico gracias a nuevos proyectos de inversión la emisión de estos ha ido en aumento.

El Perú asumió el compromiso de hacerle frente a este problema con la suscripción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto. Con esto se empezó a crear estrategias, medidas, normativas, etc. para así lograr los objetivos (Ministerio del Ambiente, Plataforma digital única del Estado Peruano, 2019).

Una de las estrategias que se ha tomado es realizar un Inventario de Gases de Efecto Invernadero, a la fecha se cuenta con inventarios con años base 2012, 2010, 2005, 2000 y 1994, estos han ayudado a identificar que sectores son los que producen más emisiones y promover esfuerzos para lograr una gestión adecuada de estos (INFOCARBONO, 2019).

De igual forma se creó una plataforma llamada Huella de Carbono Perú donde se ingresa determinada información para que se pueda calcular, verificar, reducir aplicando medidas de

mitigación y neutralizar las emisiones de las organizaciones públicas y privadas y así obtener su Huella de Carbono. Todo este proceso es evaluado por el Ministerio del Ambiente quien dará reconocimientos a todas las empresas que demuestren su compromiso con el ambiente reduciendo sus emisiones.

2.12 Estructuras de plataformas digitales en línea relacionadas con indicadores ambientales

Podemos encontrar una gran variedad de plataformas digitales o software ambientales, a continuación, se hará una breve descripción de algunas de ellas:

- GENSUITE

Nos ayuda a simplificar la gestión de los requisitos fundamentales del medio ambiente, se centra en el cumplimiento normativo en materia de atmosfera, agua y residuos. Se consolidan los requisitos de los permisos, asigna tareas de cumplimiento, registra los requisitos continuos de monitoreo, se lleva a cabo un análisis de tendencias y automatiza la generación de informes con las herramientas de cumplimiento. Entre las funciones de esta plataforma esta la gestión de perfiles por categoría de los residuos, como por ejemplo los residuos peligrosos. Se puede registrar las cantidades generadas de residuos permitidos y rastrear los residuos generados (Gensuite, 2020).

- ECOGESTOR

Este es un software que dispone de Política, Manuales, procedimientos y todo tipo de documentos que se asocian al sistema para así poder administrar, distribuir y firmar según los condicionantes que se requieran. Con esto se evita utilizar una gran cantidad de papel ya que se pasan todos los archivos a un soporte informático. Se desarrolló este software con el objetivo de permitir a las organizaciones tener toda su documentación y procesos asociados al sistema de gestión ambiental dentro de una plataforma online de manejo fácil (Envira, 2020).

- FABRIQ OS

Es una plataforma que brinda la capacidad de rastrear y administrar todas las métricas de rendimiento relacionadas con la construcción. Se puede comparar los edificios para poder identificar el potencial de ahorro, gestionar proyectos, rastrear el impacto de las medidas de eficiencia, crear informes y compartir los resultados con las partes interesadas. Esta plataforma tiene datos de energía y recursos para el entorno de la construcción, se utiliza la tecnología IoT para poder reducir el consumo y ahorrar costos y así cumplir con los objetivos de sostenibilidad (Capterra, 2018).

- NEMS ACCOUNTER

Este es un sistema de gestión y reporte ambiental, es adaptable a las operaciones de crecimiento. Se garantiza que el sistema siempre cumpla con las demandas y requisitos en constante cambio. Nos ayuda a considerar todas las emisiones, datos de consumo de agua, generación de residuos, productos químicos y datos de riesgo. El sistema permite realizar informes automáticos y poder intercambiar datos a otros sistemas. Esto ayuda a ahorrar tiempo en el desarrollo de informes corporativos y gubernamentales (Capterra, 2020).

- GABI SOFTWARE

Este software evalúa el ciclo de vida para ayudar en la toma de decisiones y diseñar productos con un bajo impacto ambiental, mejorar su eficiencia y desarrollar perfiles de huella de carbono, de agua y del producto. Nos permite crear informes para usarlos en el marketing y ventas, mejorando así la sostenibilidad de la cadena de suministro (Capterra, 2020).

- AIR.E HDC

Este es un software que utiliza una interfaz fácil para poder modelar el ciclo de vida basado en diagramas de flujos. Se pueden generar versiones instantáneas de una

huella de carbono o de un inventario de emisiones, así como también se pueden incluir coproductos o sumideros de gases de efecto invernadero. Ya que se tiene un buen motor de cálculo los resultados son instantáneos y se muestran en tiempo real (Solidforest, 2019).

- AIR QUALITY DISPERSION MODELING

Incluye modelos de dispersión refinada los cuales son los siguientes: Aermod, el cual incorpora la dispersión de aire basada en la estructura de turbulencia de la capa límite planetaria y conceptos de escala, incluyendo el tratamiento de fuentes superficiales y elevadas. Después se tiene el modelo de CO CAL3QHC – CAL3QHCR basado en CALINE3. Seguidamente esta CTDMPPLUS el cual es un modelo de calidad de aire gaussiano de fuente puntual refinado para usar en todas las condiciones de estabilidad en terrenos complejos. Y por último esta OCD que también es un modelo gaussiano de línea recta desarrollado para determinar el impacto de las emisiones en alta mar de fuentes puntuales (Environmental Protection Agency (EPA), 2020).

- EIA 09

Este es un software que facilita el desarrollo de proyectos de Evaluación de Impacto Ambiental, se definen las alternativas para la realización del proyecto indicando y valorando los efectos e impactos ambientales potenciales. Con esto se obtienen valoraciones globales y se facilita la elección de las alternativas más adecuadas que se puedan tomar (Facultad de Informática UCM, 2019).

2.12.1 Diferencias con el sistema web elaborado

Los softwares mencionados anteriormente son ejemplos de plataformas que están relacionadas al ámbito ambiental, por ejemplo existen plataformas que nos ayudan en la organización de documentos para el sistema integrado de gestión, otros que facilitan el desarrollo de proyectos de Evaluación de Impacto Ambiental o que permiten hacer un modelado de dispersión de aire. A diferencia, el sistema web elaborado permite calcular la Huella Hídrica y Huella de Carbono de la UMP, por las características que tiene fue desarrollado para poder ser usado exclusivamente por la organización, ya que se definieron los alcances y se incluyó los factores

necesarios para cubrir los datos requeridos para ambas estimaciones. En la programación del sistema se incluyeron los datos y resultados de las metodologías utilizadas para el cálculo de la Huella Hídrica y Huella de Carbono, al igual que el cálculo de la tendencia a futuro de estos. Una particularidad del sistema es su gran versatilidad, es decir, es posible modificar los datos y/o añadir nuevas funciones, previo análisis, con lo cual puede ser adaptado para cualquier organización ya sea que quiera utilizarla para el área administrativa o para todas las áreas. El sistema además, es amigable con el usuario, la forma en que organiza la información y los gráficos que la presentan hace posible una comprensión adecuada y correcta.

2.13 Perspectivas

En el escenario actual en el que es notorio el desarrollo tecnológico, no existen empresas o instituciones que no tengan interés en optimizar sus procesos, extender su alcance y producción, mediante la aplicación de una plataforma tecnológica más avanzada que le confiera ventaja en innovación frente a las demás empresas competencia.

Toda empresa busca ser más eficiente en cuanto a tiempos, lo cual incluye optimización del tiempo de análisis de datos, que permita una mejor planificación y gestión (Quintero Torres & León Beltrán, 2016).

En la sociedad existe lo que se llama “competencia digital”, que además de ser una necesidad característica de una sociedad post-industrial, es un derecho que se debe fomentar y apoyar para lograr un mayor desarrollo de capacidades que permitan convivir de mejor manera en el contexto digital que actualmente experimentamos. Es básico que tanto ciudadanos como empresas sepan desenvolverse en el contexto digital, vista como una manera de solución de problemas, de comunicación y de gestión de diversos aspectos (Valverde Berrocoso, Fernández Sánchez, & Garrido Arroyo, 2015).

A través de la historia se han desarrollado movimientos distintos con propuestas de alternativas de generación y aplicación de la tecnología. Dentro de ellos se encuentra la “ecotecnología”, que trata a los procesos, dispositivos o métodos que promueven la relación equilibrada con el medio ambiente y buscan ofrecer beneficios tanto sociales como económicos. Aquí, los usuarios no son receptores de las tecnologías solamente, sino se consideran actores clave en todo el proceso de desarrollo, donde contribuyen con sus conocimientos y se encargan de sus

necesidades. Entonces, la innovación ecotecnológica se enfoca en enlazar la permanente generación de conocimiento para transformarlo en métodos, productos y procesos nuevos.

No es posible entender completamente los impactos que generan las actividades humanas sobre el ambiente, ni mucho menos cooperar con la solución de los problemas ambientales sin hacer uso de la tecnología (Gavito, y otros, 2020).

Dentro de las aplicaciones de la ecotecnología está el desarrollar softwares que puedan apoyar en la planificación, toma de decisiones, métodos de remediación, prácticas ambientales, identificación y evaluación de impactos ambientales, entre otras.

Un área muy importante en la innovación ecotecnológica es el aprovechamiento y conservación de los recursos naturales. Principalmente está enfocada a temas de energía debido al calentamiento global, seguido por el recurso agua, suelo y biodiversidad.

La perspectiva de utilidad de las ecotecnologías se alcanzará solamente si estas tienen un correcto funcionamiento y permanece su desempeño en la resolución de problemas, además si los usuarios las emplean como parte de sus vidas, las revisan, evalúan, mejoran o crean nuevas (Ruiz-Mercado & Masera, 2015).

Las innovaciones ecotecnológicas son impulsores de la transformación ambiental y socioecológica, por lo que deben ser creadas y desarrolladas por combinación entre competencias técnicas y científicas.

Los científicos se encuentran actualmente mayormente distantes del proceso de creación y empleo de tecnologías ecológicas, principalmente se debe a la falta de estímulos por parte de las demás áreas involucradas (Amaro-Rosales & Villavicencio-Carbajal, 2015).

Profesionales como ecólogos y biólogos han considerado a los desarrollos tecnológicos como “productos de segunda clase” y dudaban de sus beneficios. Poco a poco, las áreas menos tecnológicas, dentro de ellas las ciencias naturales, empiezan a dar la importancia y el reconocimiento a la innovación y tecnología, tomándolas como algo más que máquinas o patentes. En un contexto como el presente, que hace frente a cada vez más dificultades sociales, ecológicas y ambientales, se tiene la visión en la importancia que la comunidad científica debe darle a los procesos, métodos y herramientas innovadoras, que incluyan a la tecnología, para lograr un mejor desarrollo de la ciencia, que pueda llegar a mayor cantidad de aplicaciones y así contribuir considerablemente a la sociedad. Para esto es más que necesario que haya apoyo

tanto de instituciones como de las áreas involucradas hacia este nuevo modelo de investigación. El compromiso de los científicos deber ser superior en cuanto a las eco tecnologías, teniendo como metas el desarrollar mayor cantidad de herramientas, procesos y métodos que salgan de lo convencional y que traigan beneficios sobre todo de eficiencia y sostenibilidad. Es posible que el mayor reto que se tenga que superar por parte de los científicos para lograr esto, sea el de lograr el trabajo conjunto y a un mismo nivel con los demás actores y sectores que involucrados (Gavito, y otros, 2020).

2.14 Marco Conceptual

2.14.1 Huella Hídrica

Este es un indicador que define el volumen total de agua consumida en la generación de un bien o un servicio, ya sea de forma directa o indirecta durante todo su proceso productivo, así como también los posibles impactos relacionados al recurso hídrico (Resolucion Jefatural N°104-2018-ANA, 2018).

Se refiere a la contaminación y consumo de agua dulce, es un indicador multidimensional donde se tienen 3 variables las cuales son:

- Huella Hídrica Azul: representa el consumo de los recursos hídricos superficiales y/o subterráneos, con consumo se quiere decir que es la perdida que se da cuando el agua se evapora, no vuelve a la misma cuenca, es descargada en el mar, se incorpora en algún producto o es usada para brindar algún servicio (Water Footprint Network, s.f.) (Huella de Ciudades, 2014).
- Huella Hídrica Gris: Definida como la cantidad de agua dulce que se requiere para asimilar una carga de contaminantes y esta cumpla con los estándares de calidad (Huella de Ciudades, 2014).
- Huella Hídrica Verde: Se refiere al agua que se incorpora a las plantas (productos agrícolas, forestales, etc) (Huella de Ciudades, 2014).
- Huella Hídrica Indirecta: Esta engloba las tres primeras mencionadas, indica la cantidad de agua que ha sido incorporada y/o contaminada en todo el proceso para la producción de un producto o para brindar un servicio (Huella de Ciudades, 2014).

2.14.2 Huella de Carbono

Indica la cantidad de Gases de Efecto Invernadero totales, provocados directa o indirectamente por una empresa para generar un producto o un servicio, esta se mide en toneladas de CO₂ equivalente, donde se consideran seis tipos de gases: CO₂, CH₄, N₂O, PFCs, HFCs y SF₆. Los cuales fueron considerados en el Protocolo de Kioto.

El calcular esta huella tiene dos objetivos, donde el primero es conocer a profundidad el producto u organización, para poder identificar los principales aspectos a mejorar, ya sea en el factor ambiental y/o económico, así como también informar a los usuarios/consumidores sobre el impacto provocado por la organización, esto ayuda a mostrar el compromiso ambiental que se tiene y se mejora la imagen de la empresa por la diferenciación ante la competencia (Ihobe S.A., 2012).

Hay 4 fases básicas para poder medir la huella de carbono en una organización. Primero se debe definir los alcances de la huella, aquí se hace un análisis de las instalaciones de la empresa, se deben incluir las sedes si es que esta las tuviera. También se deben identificar las emisiones de las distintas actividades para poder clasificarlas en directas o indirectas y finalmente determinar el alcance de contabilidad y reporte de las emisiones indirectas.

La segunda fase es la recopilación de datos de las actividades donde se considera la energía consumida, el transporte, etc. y también los datos de factores de emisión. La cuantificación de las emisiones es la tercera fase para la medición de la huella de carbono, con la información recopilada se hace una relación de datos y los factores de emisión que fueron establecidos para cada alcance, así se logra conocer la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por la empresa.

Seguidamente se hace un análisis de los resultados para determinar la importancia dentro de los procesos de la organización, se definen las actividades que producen más emisiones y donde están ubicadas, con el objetivo de desarrollar las medidas necesarias para su control.

Finalmente se formulan y establecen las medidas que serán tomadas para mitigar, reducir o compensar las emisiones que son generadas por la organización (Subdirección de Políticas y Planes Ambientales, 2015).

Alcances:

Se tienen tres alcances para poder detectar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Primer Alcance: Se trata de las Emisiones Directas que son controladas por la organización, son provenientes por ejemplo de la combustión de calderas, hornos, vehículos, etc.

Segundo Alcance: Son las Emisiones Indirectas, las cuales son asociadas a la electricidad consumida por la empresa.

Tercer Alcance: Por último el tercer alcance donde se incluyen las emisiones que no son controladas, ni son de propiedad de la organización las cuales son producidas por otras actividades como el transporte de empleados, el uso de productos y servicios contratados, etc (Subdirección de Políticas y Planes Ambientales, 2015) (Ministerio para la Transición Ecológica, 2017) (Universidad de Sevilla, 2018).

2.14.3 Gases De Efecto Invernadero

- CO₂: Gas inodoro, incoloro e incombustible. Generado en los procesos de combustión de combustibles (GreenFacts, GreenFacts - Facts on Health and the Environment, 2007).
- CH₄: Es un gas no toxico, inflamable e incoloro. Este se genera en los procesos de descomposición (GreenFacts, GreenFacts - Facts on Health and the Environment, 2007).
- N₂O: Gas incoloro y no inflamable. Generado en los procesos de combustión (GreenFacts, GreenFacts - Facts on Health and the Environment, s.f.).
- PFCs: Sustancias sintéticas que contienen átomos de Flúor y Carbono, son gases no inflamables, inodoros e incoloros. Generados en procesos de refrigeración (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminan, 2007).
- HFCs: Gases que contienen flúor, carbono e hidrogeno, son incoloros e inodoros. Estos son generados en los procesos de refrigeración (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminan, 2007).
- SF₆: Es un gas más pesado que el aire, es inerte, no inflamable ni toxico, si tiene olor y color. Este se usa en las subestaciones eléctricas como aislante (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminant, 2007).

2.14.4 Tipos De Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Directa: Estas son las emisiones que están relacionadas con las actividades que se realizan dentro de la organización. Es decir que la fuente de emisión está controlada por la organización.

Indirecta: Se refiere a las emisiones que no están controladas por la organización pero que están relacionadas a ella. Por ejemplo: El transporte, las emisiones que se producen para la generación de energía consumida por la organización, etc (Ministerio para la Transición Ecológica, 2017).

2.14.5 Sistema o Aplicación Web

Se le denomina así a un software que se ejecuta en un servidor web, es decir que no necesariamente debe estar instalada en nuestra computadora ya que el usuario se conecta a un servidor y los datos son almacenados por proveedores de hosting en granjas de servidores con altas medidas de seguridad. Una de las características más destacables de este sistema es que posibilita a que el internauta pueda acceder a los datos de modo interactivo y seguro. Así como también permite ahorrar costos, Recursos Humanos y sobretodo tiempo, ya que se pueden manejar grandes cantidades de datos y el acceso es inmediato (Apoyo Digital S.A.C., 2018) (Maldonado Guerrero, 2016) (AEURUS, 2016).



CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3. Metodología

3.1 Tipo y nivel de investigación

Investigación descriptiva

3.2 Materiales

- Computador
- Artículos de investigación
- Libros de consulta

3.3 Métodos

Los documentos que incluyen las metodologías que se utilizaron como base para las estimaciones fueron, en el caso de Huella de Carbono: GREENHOUSE GAS PROTOCOL elaborado por World Resources Institute (2002) y para Huella Hídrica: MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE HUELLA HÍDRICA elaborado por Water Footprint Network (2004).

3.3.1 Recolección de información para la estimación de la Huella de Carbono de la UMP

- Definición del alcance de la evaluación
Se identificó y definió el área a ser evaluada, delimitando el alcance de la evaluación (alcance 1, alcance 2).
- Recolección de información
Se identificó y cuantificó las fuentes de consumo de combustible y energía eléctrica mediante visitas y recorridos en el área administrativa de la Unidad Minera.
Los indicadores que se consideraron en el alcance 1 fueron: consumo de combustible por vehículos livianos y consumo de combustible por cocina, esto debido a que ambos son los dos únicos factores que representan un consumo directo de combustible en el área administrativa. En el caso de vehículos livianos se considera el combustible diésel utilizada por camionetas 4x4 ya que estos son los únicos vehículos que se utilizan como transporte de personal del área administrativa.
Respecto al alcance 2 se consideró el consumo de energía eléctrica total del área administrativa.
Ya definidos los alcances y factores a considerar, se recolectó información sobre el consumo correspondiente a cada uno de ellos.

Los datos de consumo de combustible por vehículos fueron tomados de la base de datos del sistema de abastecimiento de combustible, el cual registra cada recarga de combustible, indicando a qué vehículo corresponde y la cantidad de combustible. Para el consumo de combustible por cocina se obtuvo la información de los registros de compras hechas por el área de cocina.

El consumo de energía eléctrica fue obtenido del área Mantenimiento de procesos, los cuales tienen la base de datos que registra este consumo por cada área de la Unidad Minera.

3.3.2 Recolección de información para la estimación de la Huella de Hídrica de la UMP

- Definición del alcance de la evaluación

Se identificó y definió el área a ser evaluada, delimitando el alcance de la evaluación, así como los tipos de huella hídrica a considerar (Huella Hídrica Azul)

- Recolección de información

Se identificó las fuentes de consumo de agua mediante visitas y recorridos en el área administrativa de la Unidad Minera.

Los indicadores a considerar para la estimación de Huella Hídrica Azul fueron consumo de agua por lavamanos, inodoros y duchas, esto debido a que, la metodología indicada menciona que se deben considerar las fuentes de consumo directa de agua, en el caso del área administrativa, estos tres representan los únicos usos directos de agua.

Se realizó una encuesta a los trabajadores de la Unidad Minera para conocer sus hábitos de uso de dispositivos que producen consumo de agua, se consultó sobre el uso de lavamanos, inodoros y duchas, el tiempo promedio de uso y la frecuencia del mismo. Con las respuestas obtenidas se obtuvieron valores promedio para cada dato, los cuales fueron utilizados para las estimaciones.

Se adquirió información sobre los dispositivos consumidores de agua (caudal, descarga), esto mediante medición volumétrica directa.

Para la obtención del dato Volumen del Afluyente, se hizo la consulta al Área de Manejo de Aguas, los cuales llevan el registro del consumo de agua de toda la Unidad Minera, debido a lo cual se procedió a la selección únicamente de la data para el área administrativa de la Unidad Minera.

A continuación, se presenta las metodologías utilizadas en la investigación para la estimación de Huella de Carbono y Huella Hídrica.

Metodología para el cálculo de Huella Hídrica

Tomado de MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE HUELLA HÍDRICA (Water Footprint Network, 2004):

$$HH = HH_{Azul} + HH_{Verde} + HH_{Gris}$$

Donde

HH = Huella Hídrica

HH_{Azul} = Huella Hídrica Azul

HH_{Verde} = Huella Hídrica Verde

HH_{Gris} = Huella Hídrica Gris

- Huella Hídrica Azul

$$HHAzul = Vol_{Afluente} - Vol_{Efluente}$$

Donde:

$Vol_{Afluente}$ = Volumen del Afluente

$Vol_{Efluente}$ = Volumen del Efluente

$$Vol_{Efluente} = Vol_{Lavamanos} + Vol_{Inodoros} + Vol_{Duchas}$$

Donde:

$Vol_{Lavamanos}$ = Volumen generado por el uso de los lavamanos

$Vol_{Inodoros}$ = Volumen generado por el uso de inodoros

Vol_{Duchas} = Volumen generado por el uso de duchas

$$Vol_{Lavamanos} = FLMpd \times TLMpv \times FLM \times N^{\circ} \text{ de func. ajustado} \times D_{mes}$$

Donde:

$FLMpd$ = Frecuencia promedio de uso de lavamanos por funcionario día (veces x funcionario/día)

$TLMpv$ = Tiempo promedio de uso de lavamanos por funcionario vez (min x funcionario/vez)

FLM = Flujo de agua (caudal) promedio del grifo (m^3/min)

D_{mes} = Días hábiles (trabajados) durante el mes

N° de *func. ajustado* = Se refiere a la cantidad de funcionarios que efectivamente utilizan las fuentes durante el día. Este es calculado de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ de } func. \text{ ajustado} = N^{\circ} \text{ de } func. \text{ unidad} \times \% \text{ func. que usan fuentes}$$

$$Vol_{inodoros} = FINOpd \times Vold \times N^{\circ} \text{ de } func. \text{ ajustado} \times D_{mes}$$

Dónde:

$FINOpd$ = Frecuencia promedio de uso de inodoros por funcionario día (veces x funcionario/día)

$Vold$ = Volumen promedio de descarga del tanque del inodoro ($m^3/descarga$)

N° de *func. ajustado* = Se refiere a la cantidad de funcionarios que efectivamente utilizan las fuentes durante el día

D_{mes} = Días hábiles (trabajados) durante el mes

$$Vol_{Duchas} = FLDCpd \times TDCpv \times FDC \times N^{\circ} \text{ de } func. \text{ ajustado} \times D_{mes}$$

Dónde:

$FLDCpd$ = Frecuencia promedio de uso de duchas por funcionario día.

$TDCpv$ = Tiempo promedio de uso de duchas por funcionario (min x funcionario/vez)

FDC = Flujo promedio de agua (caudal) de la ducha utilizada.

N° de *func. ajustado* = Se refiere a la cantidad de funcionarios que efectivamente utilizan las fuentes durante el día

D_{mes} = Días hábiles (trabajados) durante el mes

- Huella Hídrica Verde

$$HHVerde = HHVerde_{Pastos} + HHVerde_{Arbustos} + HHVerde_{Árboles}$$

Donde:

$HHVerde_{Pastos}$ = Huella Hídrica Verde de Pastos

$HHVerde_{Arbustos}$ = Huella Hídrica Verde de Arbustos

$HHVerde_{Árboles}$ = Huella Hídrica Verde de Árboles

$$HHVerde_{Pastos} = CWU \times Superficie \text{ de Áreas Verdes}$$

Donde:

CWU = Uso de agua extra (riego) de la cobertura identificada

$$HHVerde_{Arbustos} = CWU \times Superficie \text{ de Áreas Verdes}$$

Donde:

CWU = Uso de agua extra (riego) de la cobertura identificada

$$HHVerde_{Árboles} = CWU \times Superficie \text{ de Áreas Verdes}$$

Donde:

CWU = Uso de agua extra (riego) de la cobertura identificada

- Huella Hídrica Gris

$$HHGris = \frac{(Vol_{Efl} \times C_{Efl}) - (Vol_{Afl} \times C_{Afl})}{C_{Max} - C_{Nat}}$$

Donde:

Vol_{Efl} = Volumen del efluente

Vol_{Afl} = Volumen del afluente

C_{Efl} = Concentración en el efluente en base al parámetro medido

C_{Afl} = Concentración en el afluente en base al parámetro medido

C_{Max} = Concentración máxima del parámetro medido en el cuerpo receptor según la normativa ambiental

C_{Nat} = Concentración natural libre de impactos antropogénicos del parámetro medido (Water Footprint Network, 2004).

Metodología para el cálculo de Huella de Carbono

Tomado de GREENHOUSE GAS PROTOCOL (World Resources Institute, 2002):

$$HC = \text{Dato de la actividad} \times \text{Factor de Emisión}$$

Donde:

Dato de la actividad = Parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de emisiones de GEI. Por ejemplo, cantidad de gas natural utilizado en calefacción (kWh de gas natural)

Factor de Emisión = La cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro “dato de actividad”. Estos factores varían en función de la actividad que se trate (Ministerio para la Transición Ecológica, 2017).

Los factores de emisión necesarios fueron tomados del Ministerio de Energía y Minas:

Tabla 1. Factores de emisión para estimación de Huella de Carbono

	Factor	Unidad
Energía eléctrica	0.615	kgCO ₂ /kWh
GLP	2.75	kgCO ₂ /kilogramo
Diésel	9.7	kgCO ₂ /galón
Gasolina	7.9	kgCO ₂ /galón
Leña	1.7	kgCO ₂ /kilogramo

Fuente: La Huella de Carbono y Eficiencia Energética (Minem)

3.3.3 Elaboración de la plataforma ecoinformática

- Para la elaboración del sistema, en primer lugar, se elaboró hojas de cálculo en MS Excel, las cuales contienen la información recolectada de manera organizada.
- Se incluyó también, en las hojas de cálculo las fórmulas necesarias para obtener las estimaciones tomando en cuenta los alcances previamente definidos y siguiendo las metodologías anteriormente descritas.
- Se elaboró un boceto en MS Excel de los reportes deseados, la forma en cómo se organizaría la información y los gráficos a incluir.
- Con toda esta información y con apoyo de un profesional en Ingeniería de Sistemas, Ramiro Arivilca Miranda se elaboró el sistema web. El software fue desarrollado utilizando el lenguaje de programación Javascript para el lado del cliente y en el lado del servidor se utilizó Firebase como servicio de almacenamiento y API, el proyecto está estructurado en capas, siendo éstas presentación y lógica de negocio. En la capa de presentación se muestra una interfaz amigable para el usuario, con capacidades responsive (adaptabilidad al tamaño de los dispositivos) y con interacción en tiempo real, para el apartado de gráficos se hizo uso de la librería “gojs” la cual nos permite el renderizado de diferentes tipos de gráficos, en éste caso particular se utilizaron gráficos de barras y gráficos de líneas. En la capa de lógica del negocio se hizo uso del API que nos proporciona firebase para la consulta y modificación de datos en tiempo real.

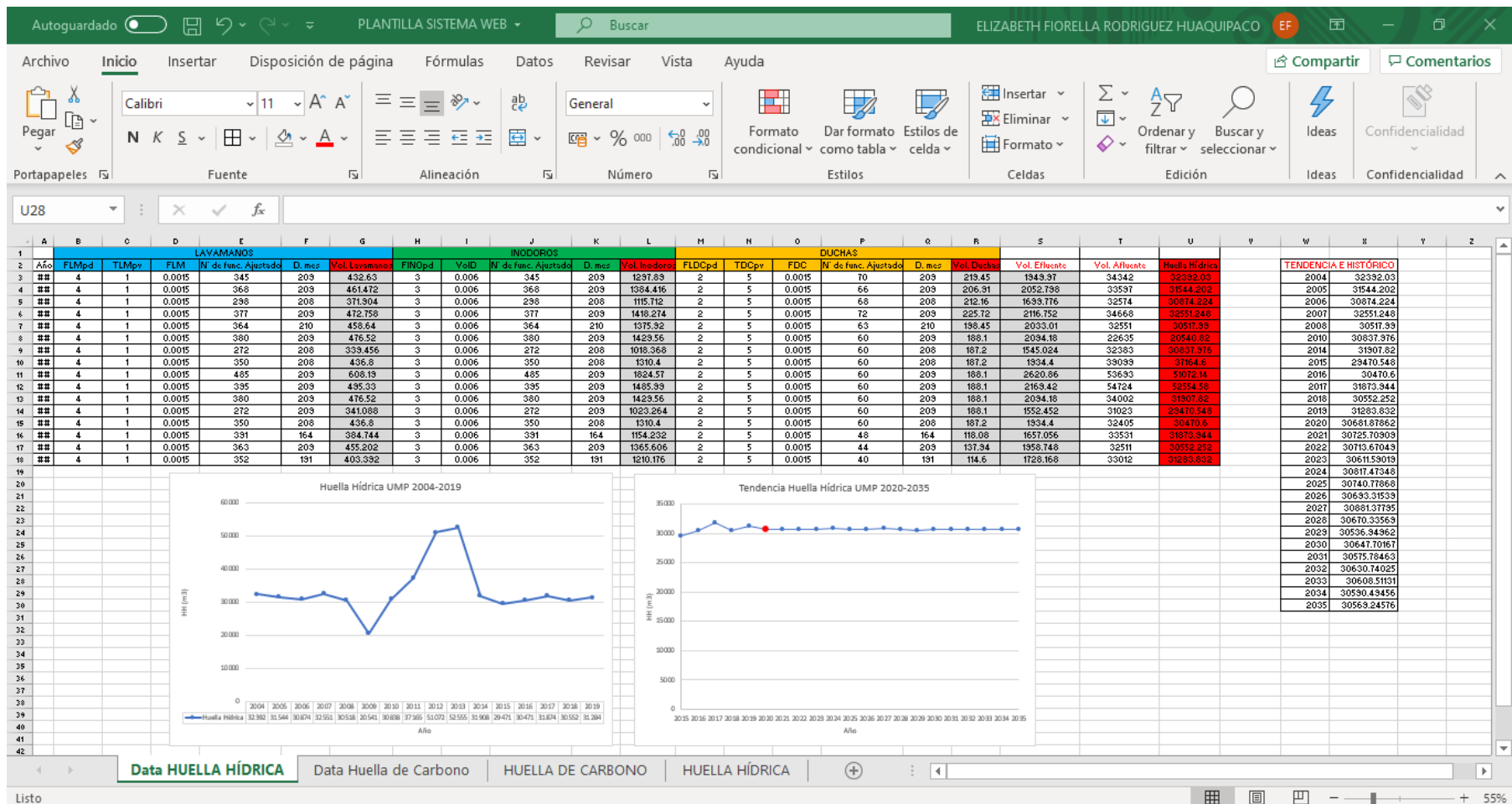


Figura 1. Hoja de cálculo “Huella Hídrica”

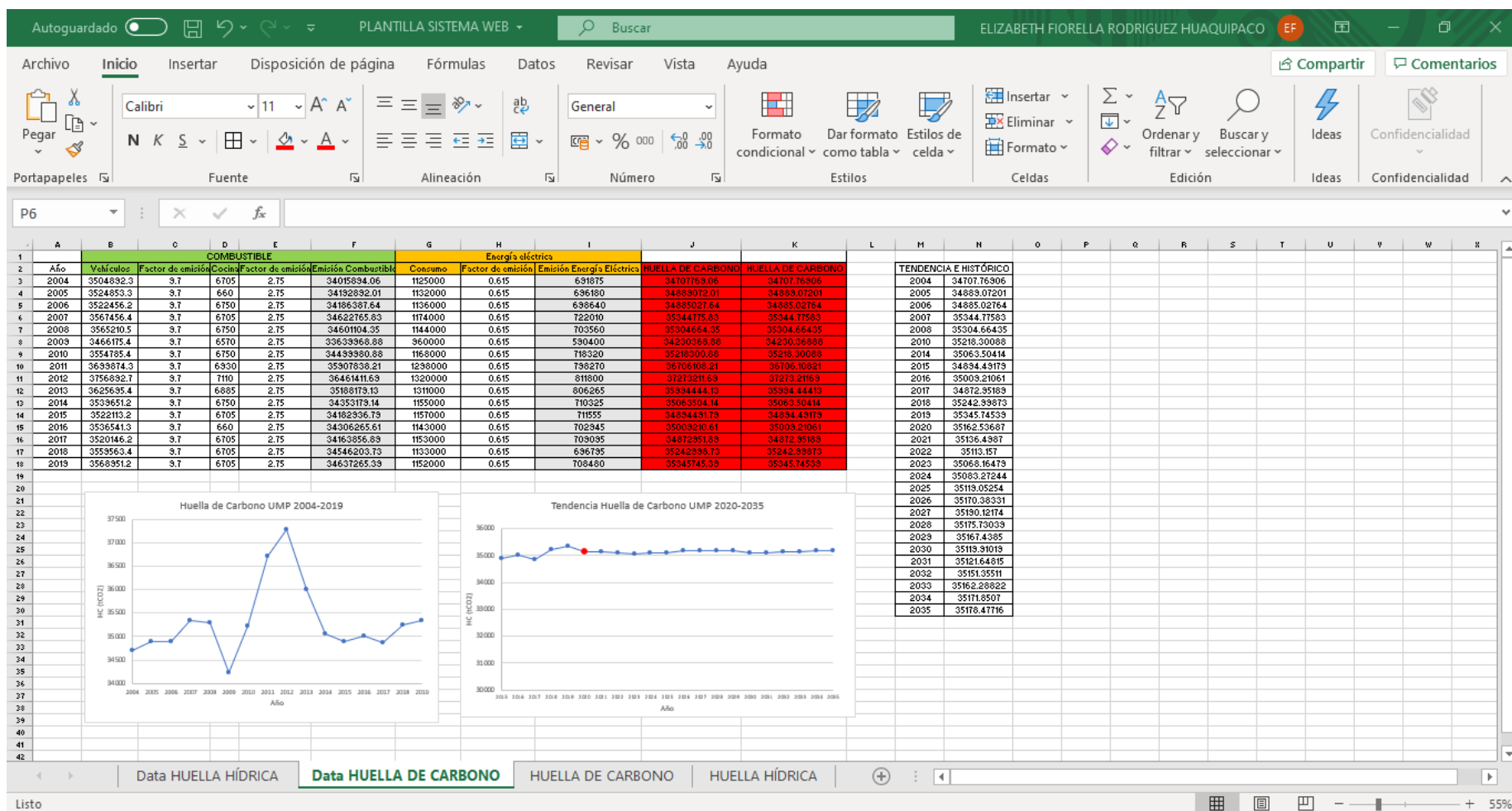


Figura 2. Hoja de cálculo “Huella de Carbono”

- Posteriormente se diseñó un boceto del reporte también en MS Excel.

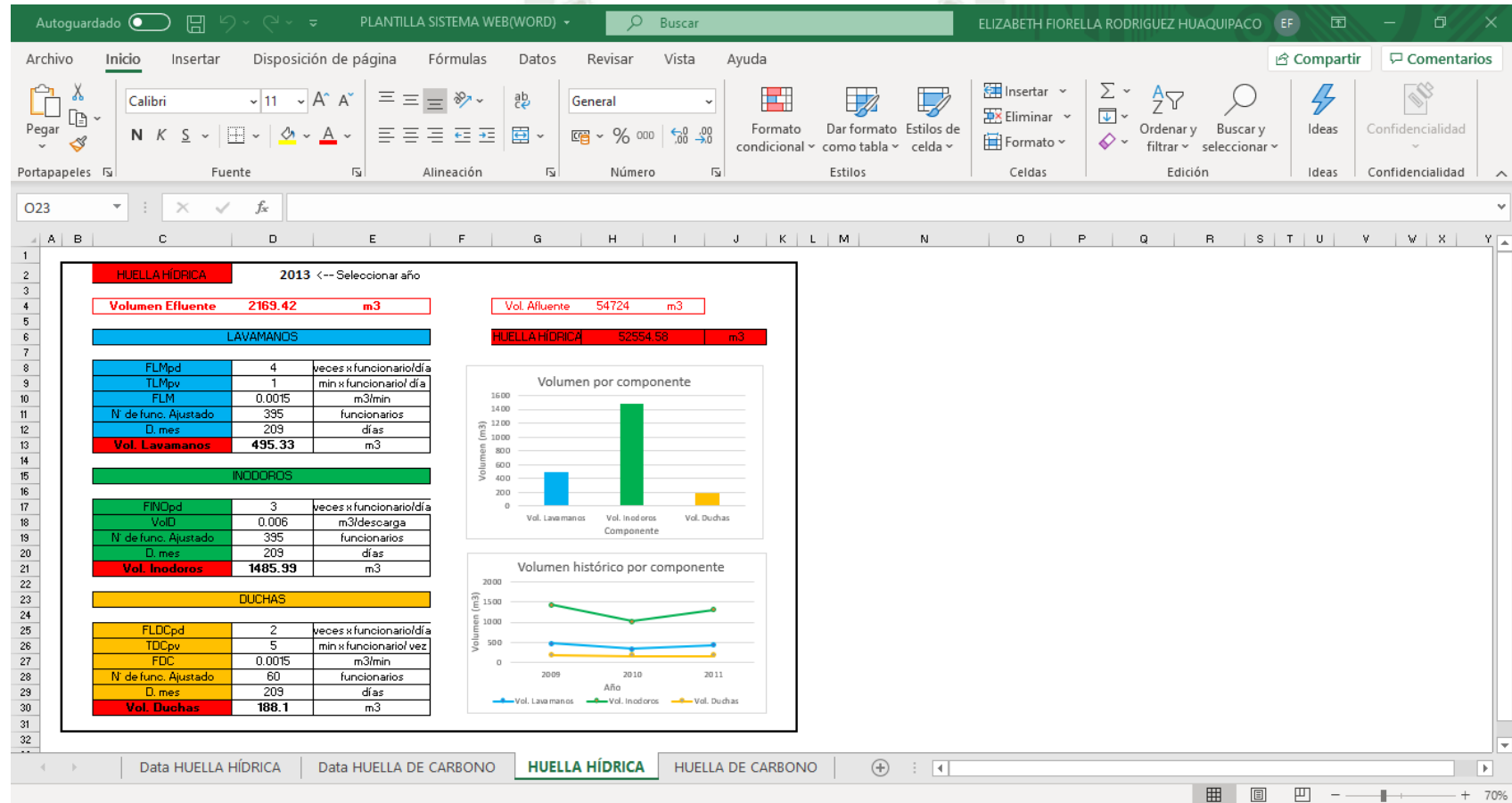


Figura 3. Boceto en MS Excel

3.3.4 Estimación de la Huella de Carbono

- Se ingresó los datos solicitados por la plataforma para obtener la estimación de HC, la cual, mediante ecuaciones programadas, brindó el valor de esta.
- La plataforma diseñada también permitió conocer la tendencia a futuro estimada de este cálculo.

3.3.5 Estimación de la Huella Hídrica

- Se ingresó los datos solicitados por la plataforma para obtener la estimación de HH, la cual, mediante ecuaciones programadas, brindó el valor de esta.
- La plataforma diseñada también permitió conocer la tendencia a futuro estimada de este cálculo.

3.3.6 Elaboración de plan de mejora para el área administrativa

- Se revisó información sobre técnicas o metodologías para reducir consumos de energía, combustible y agua, enfocadas al área administrativa.
- Se realizó la comparación y el análisis de cada una de las alternativas investigadas, eligiendo la más aplicable y accesible para la Unidad Minera.
- Se propuso en el plan, las medidas más adecuadas y aplicables para la realidad de la empresa que ayuden a la reducción de la estimación realizada, incluyendo costos, valoraciones y descripciones de cada una de las acciones propuestas.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Resultados

4.1 Recolección de información para la estimación de la Huella de Carbono de la UMP

Para una correcta recolección de datos, previamente se establecieron y delimitaron los alcances a considerar en la estimación de Huella de Carbono, esto teniendo en cuenta la accesibilidad de la información y el enfoque de la investigación.

- Los alcances a considerar para el cálculo de la Huella de carbono del área administrativa de la UMP, fueron:
 - ✓ Alcance 1: Consumo de combustibles
 - ✓ Alcance 2: Consumo de electricidad
- Se identificaron las fuentes de consumo obteniendo la siguiente información:

Tabla 2. Información para la estimación de la Huella de Carbono de la UMP

Año	COMBUSTIBLE				ENERGÍA ELÉCTRICA	
	Consumo por Vehículos (gal)	Factor de emisión (kgCO ₂ /gal)	Consumo por Cocina (kg)	Factor de emisión (kgCO ₂ /kg)	Consumo (kWh)	Factor de emisión (kgCO ₂ /kWh)
2004	3504892.3	9.7	6705	2.75	1125000	0.615
2005	3524853.3	9.7	660	2.75	1132000	0.615
2006	3522456.2	9.7	6750	2.75	1136000	0.615
2007	3567456.4	9.7	6705	2.75	1174000	0.615
2008	3565210.5	9.7	6750	2.75	1144000	0.615

2009	3466175.4	9.7	6570	2.75	960000	0.615
2010	3554785.4	9.7	6750	2.75	1168000	0.615
2011	3699874.3	9.7	6930	2.75	1298000	0.615
2012	3756892.7	9.7	7110	2.75	1320000	0.615
2013	3625695.4	9.7	6885	2.75	1311000	0.615
2014	3539651.2	9.7	6750	2.75	1155000	0.615
2015	3522113.2	9.7	6705	2.75	1157000	0.615
2016	3536541.3	9.7	660	2.75	1143000	0.615
2017	3520146.2	9.7	6705	2.75	1153000	0.615
2018	3559563.4	9.7	6705	2.75	1133000	0.615
2019	3568951.2	9.7	6705	2.75	1152000	0.615

4.2 Recolección de información para la estimación de la Huella Hídrica de la UMP

Para una correcta recolección de datos, previamente se establecieron y delimitaron los alcances a considerar en la estimación de Huella Hídrica, esto teniendo en cuenta la accesibilidad de la información y el enfoque de la investigación.

- El tipo de Huella Hídrica a considerar para el cálculo de la Huella de carbono del área administrativa de la UMP, fue:

✓ Huella Hídrica Azul

- Se identificaron las fuentes de consumo obteniendo la siguiente información:

Tabla 3. Información para la estimación de la Huella Hídrica de la UMP (parte 1)

LAVAMANOS						INODOROS			
Año	FLMpd	TLMpv	FLM	N° de func. Ajustado	D. mes	FINOpd	VolD	N° de func. Ajustado	D. mes
2004	4	1	0.0015	345	209	3	0.006	345	209
2005	4	1	0.0015	368	209	3	0.006	368	209
2006	4	1	0.0015	298	208	3	0.006	298	208
2007	4	1	0.0015	377	209	3	0.006	377	209
2008	4	1	0.0015	364	210	3	0.006	364	210
2009	4	1	0.0015	380	209	3	0.006	380	209
2010	4	1	0.0015	272	208	3	0.006	272	208
2011	4	1	0.0015	350	208	3	0.006	350	208
2012	4	1	0.0015	485	209	3	0.006	485	209
2013	4	1	0.0015	395	209	3	0.006	395	209
2014	4	1	0.0015	380	209	3	0.006	380	209
2015	4	1	0.0015	272	209	3	0.006	272	209
2016	4	1	0.0015	350	208	3	0.006	350	208
2017	4	1	0.0015	391	164	3	0.006	391	164
2018	4	1	0.0015	363	209	3	0.006	363	209
2019	4	1	0.0015	352	191	3	0.006	352	191

Donde:

$FLMpd$ = Frecuencia promedio de uso de lavamanos por funcionario día (veces x funcionario/día)

$TLMpv$ = Tiempo promedio de uso de lavamanos por funcionario vez (min x funcionario/vez)

FLM = Flujo de agua (caudal) promedio del grifo (m^3/min)

$FINOpd$ = Frecuencia promedio de uso de inodoros por funcionario día (veces x funcionario/día)

$VolD$ = Volumen promedio de descarga del tanque del inodoro ($m^3/descarga$)

D_{mes} = Días hábiles (trabajados) durante el mes

N° de *func. ajustado* = Se refiere a la cantidad de funcionarios que efectivamente utilizan

Tabla 4. Información para la estimación de la Huella Hídrica de la UMP (parte 2)

Año	DUCHAS					VOL. AFLUENTE (m ³)
	FLDCpd	TDCpv	FDC	N° de func. Ajustado	D. mes	
2004	2	5	0.0015	70	209	34342
2005	2	5	0.0015	66	209	33597
2006	2	5	0.0015	68	208	32574
2007	2	5	0.0015	72	209	34668
2008	2	5	0.0015	63	210	32551
2009	2	5	0.0015	60	209	22635
2010	2	5	0.0015	60	208	32383
2011	2	5	0.0015	60	208	39099
2012	2	5	0.0015	60	209	53693
2013	2	5	0.0015	60	209	54724
2014	2	5	0.0015	60	209	34002
2015	2	5	0.0015	60	209	31023
2016	2	5	0.0015	60	208	32405
2017	2	5	0.0015	48	164	33531
2018	2	5	0.0015	44	209	32511
2019	2	5	0.0015	40	191	33012

Donde:

$FLDCpd$ = Frecuencia promedio de uso de duchas por funcionario día.

$TDCpv$ = Tiempo promedio de uso de duchas por funcionario (min x funcionario/vez)

FDC = Flujo promedio de agua (caudal) de la ducha utilizada.

N° de *func. ajustado* = Se refiere a la cantidad de funcionarios que efectivamente utilizan las fuentes durante el día

D_{mes} = Días hábiles (trabajados) durante el mes

Vol. Afluyente = Volumen del afluyente

4.3 Elaboración de la Plataforma Ecoinformática: Sistema Web, estimación de Huella Hídrica y Huella de Carbono y tendencia a futuro.

Se diseñó y ejecutó un sistema web capaz de mostrar reportes anuales de Huella Hídrica y Huella de Carbono gracias a los datos ingresados por cada uno de estos, desde el año 2004 hasta el 2019, además gráficos de tendencia para 15 años.

El sistema comprende dos tipos de ingreso: Como observador y como administrador.

El administrador es capaz de ingresar data nueva, con lo cual se creará un nuevo reporte, además de poder consultar reportes de años pasados y la tendencia; en cambio, al ingresar como observador no se permite el ingreso de data, únicamente se permite consulta.

Con este sistema se pone a disponibilidad información a las áreas pertinentes de la Huella Hídrica y Huella de Carbono de la Unidad Minera, así como los valores utilizados para su cálculo. Esto permite llevar un control y seguimiento de estas en forma histórica, así como realizar comparaciones entre años de ser necesarios, identificar factores que ocasionen cambios considerables, y en el caso de implementar un plan de mejora, verificar el desempeño de este. A continuación, se muestra el sistema diseñado y su funcionamiento.

4.3.1 Contenido

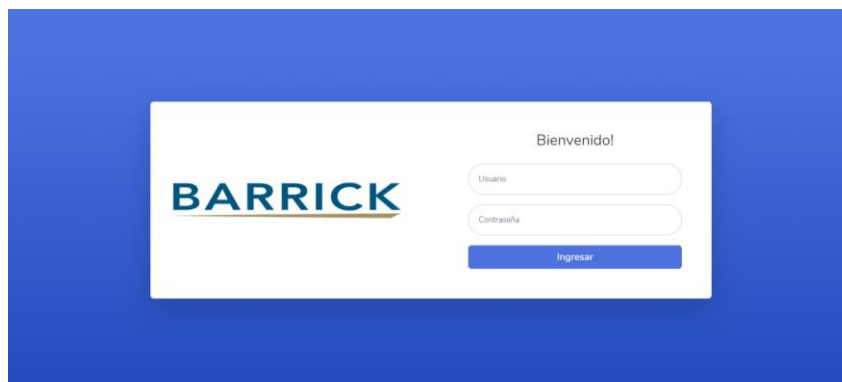


Figura 4. Ingreso al sistema web

En el espacio “Usuario” se ingresa el nombre de usuario asignado al responsable, y en el siguiente “Contraseña”, su respectiva contraseña.

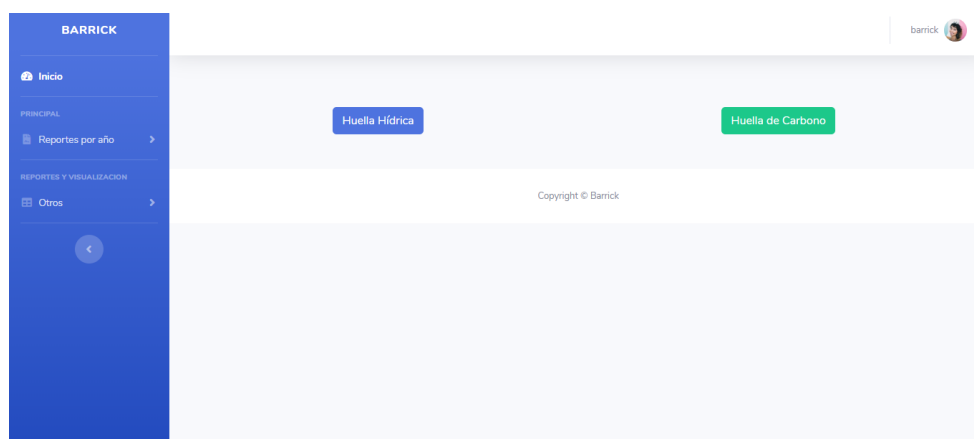


Figura 5. Pantalla de inicio

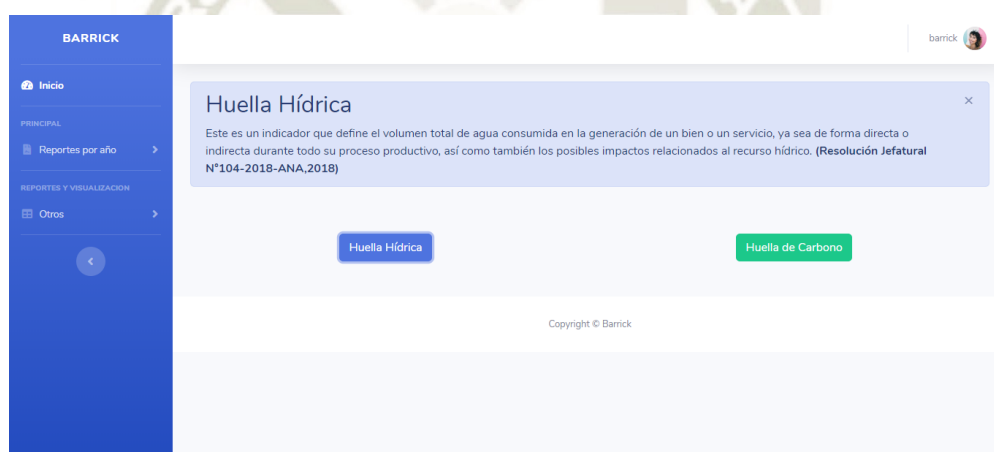


Figura 6. Pantalla de inicio “Huella Hídrica”



Figura 7. Pantalla de inicio “Huella de Carbono”

Como se ve, al ingresar, en la pantalla de inicio, se muestran dos casilleros: “Huella Hídrica” y “Huella de Carbono”, al presionar sobre ellas nos dará una pequeña definición por cada una.

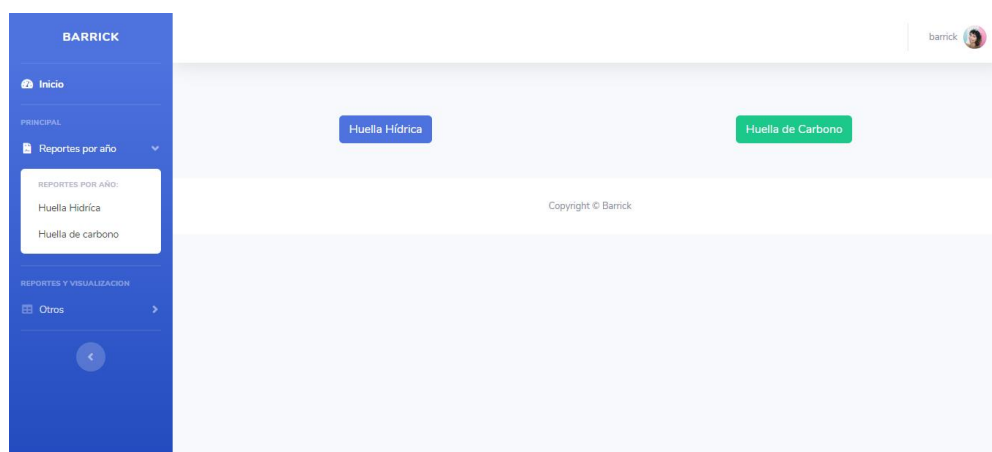


Figura 8. Pantalla de inicio “Reportes por año”

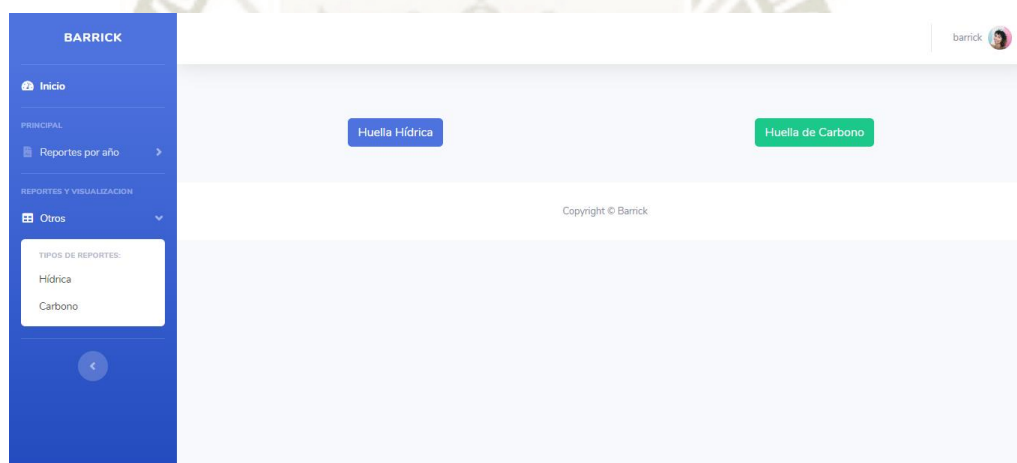


Figura 9. Pantalla de inicio “Otros”

En el lado izquierdo se observan las opciones “Reportes por Año” y “Otros”. Para ambos casos se despliegan las opciones “Huella Hídrica” y “Huella de Carbono”

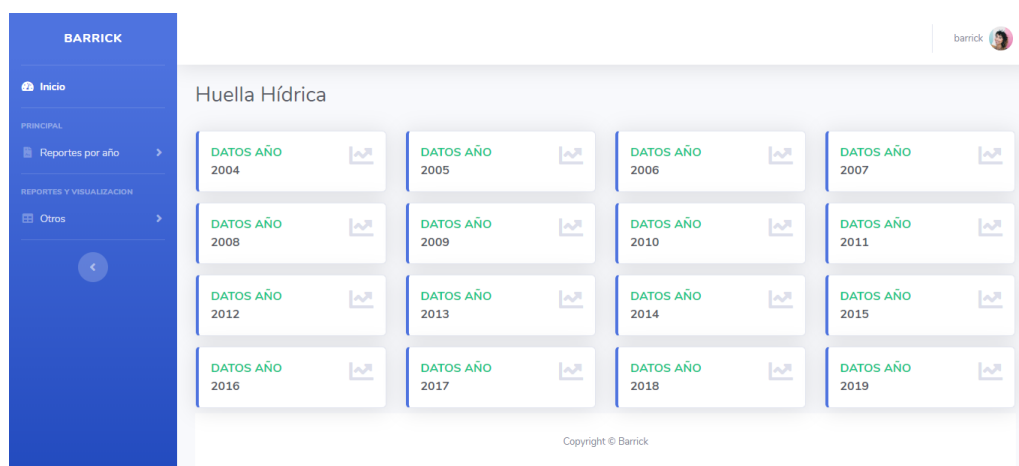


Figura 10. Reportes por año “Huella Hídrica”

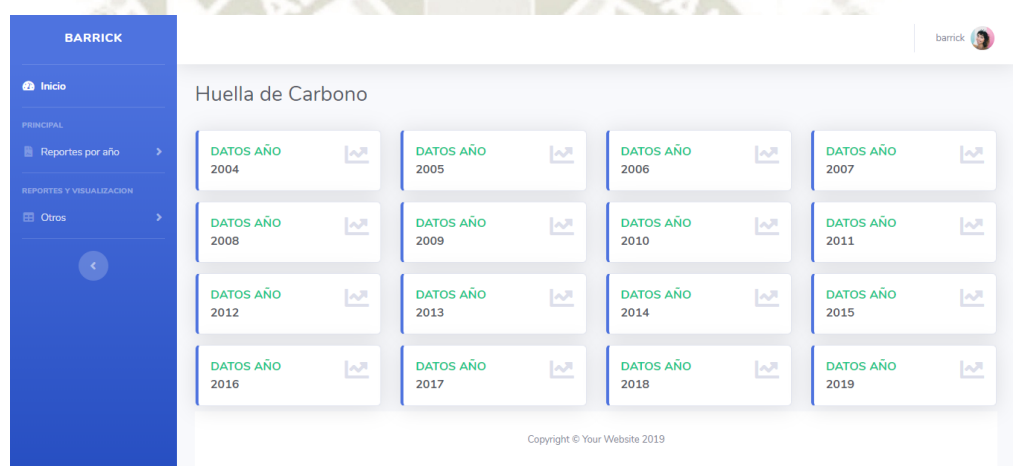


Figura 11. Reportes por año “Huella de Carbono”

En la sección de “Reportes por Año”, se observa que para ambos casos, tanto “Huella Hídrica” como “Huella de Carbono” se muestra una pantalla con opciones de los años desde 2004 hasta 2019.

4.3.2 Reportes anuales

Para ambos casos, tanto Huella Hídrica como Huella de Carbono, el sistema web genera reportes por cada año, en los cuales mediante tablas se muestran los datos utilizados para los cálculos respectivos, además de dos gráficos, el primero muestra un comparativo entre los valores calculados por componente para dicho año, mientras que el segundo permite comparar los valores de estos componentes con los del año anterior y los del año siguiente. El reporte muestra, en un casillero sombreado de color rojo el valor de Huella Hídrica o Huella de Carbono para ese año.

A. Huella Hídrica

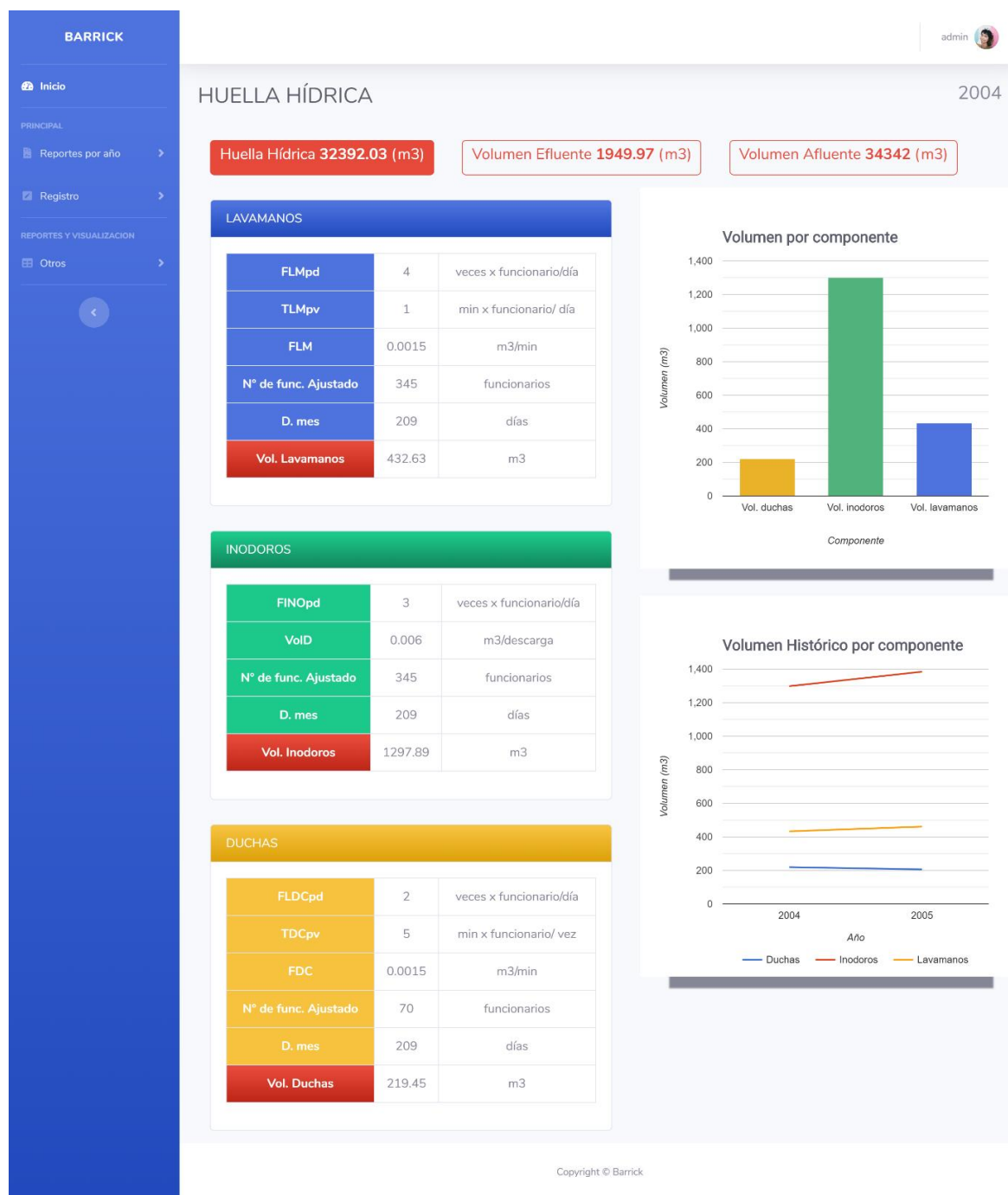


Figura 12. Reporte Huella Hídrica año 2004

Para el año 2004, el valor obtenido de Huella Hídrica es de 32392.03 m³, en el primer gráfico observamos que el mayor valor corresponde al uso de inodoros, el cual es 1297.89 m³, y el menor es el correspondiente a duchas, 219.45 m³. En el segundo gráfico se observa que, en comparación a los valores del año 2005, para el caso de inodoros y lavamanos, el volumen fue menor para el 2004, caso contrario del valor referido al volumen por duchas, el cual disminuyó para el año 2005.

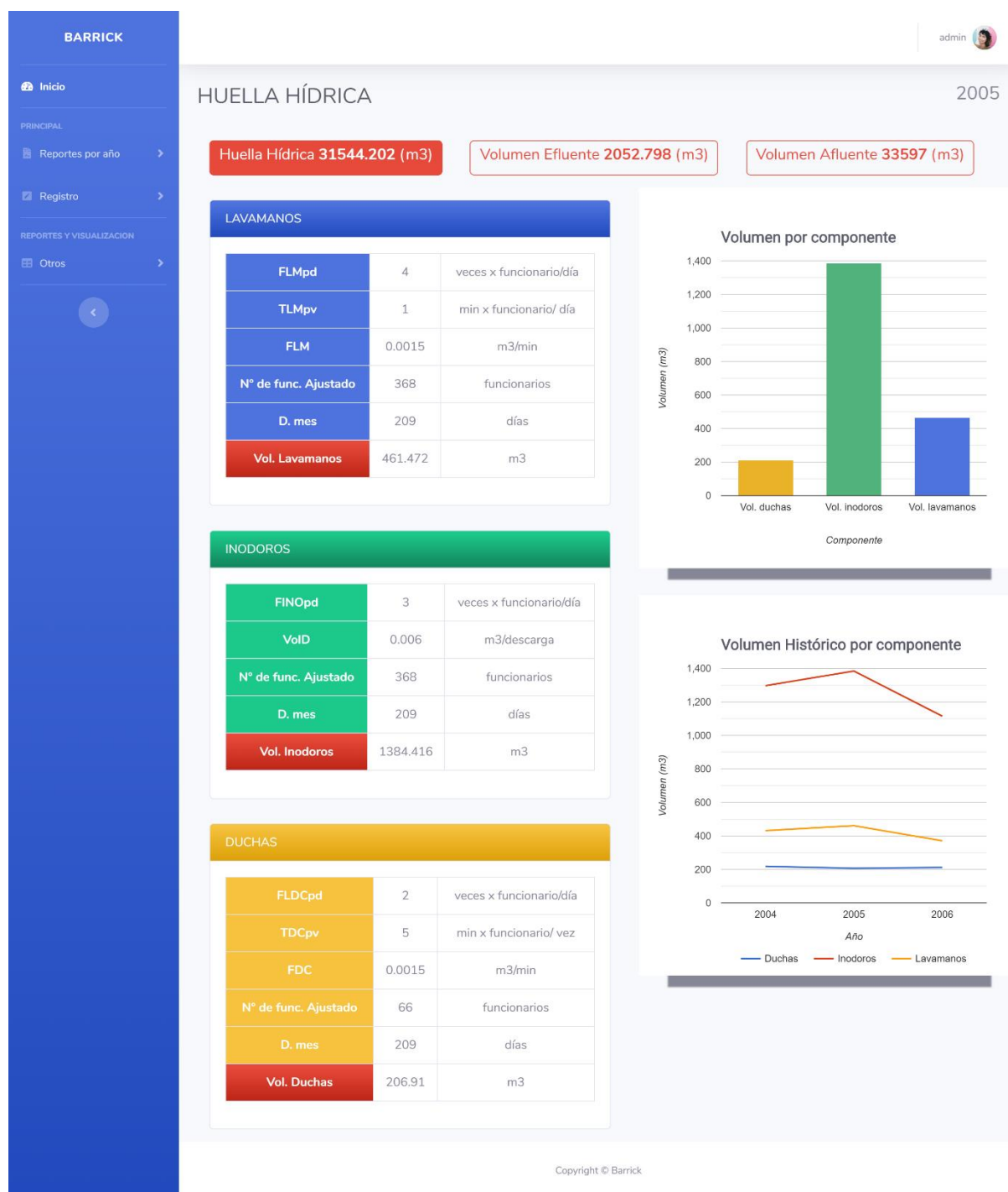


Figura 13. Reporte Huella Hídrica año 2005

En el caso del año 2005, la Huella Hídrica fue de 31544.20 m³, valor inferior comparado con el año 2004. Igualmente se observa que el mayor valor es el correspondiente a inodoros, siendo 1384.42 m³, seguido por el uso de lavamanos 461.47 m³ y el valor más bajo el volumen por duchas: 206.91 m³. Los valores para inodoros y lavamanos fueron mayores que los del 2004 y 2006, pero en el caso de volumen por duchas este fue menor en comparación a estos dos años.

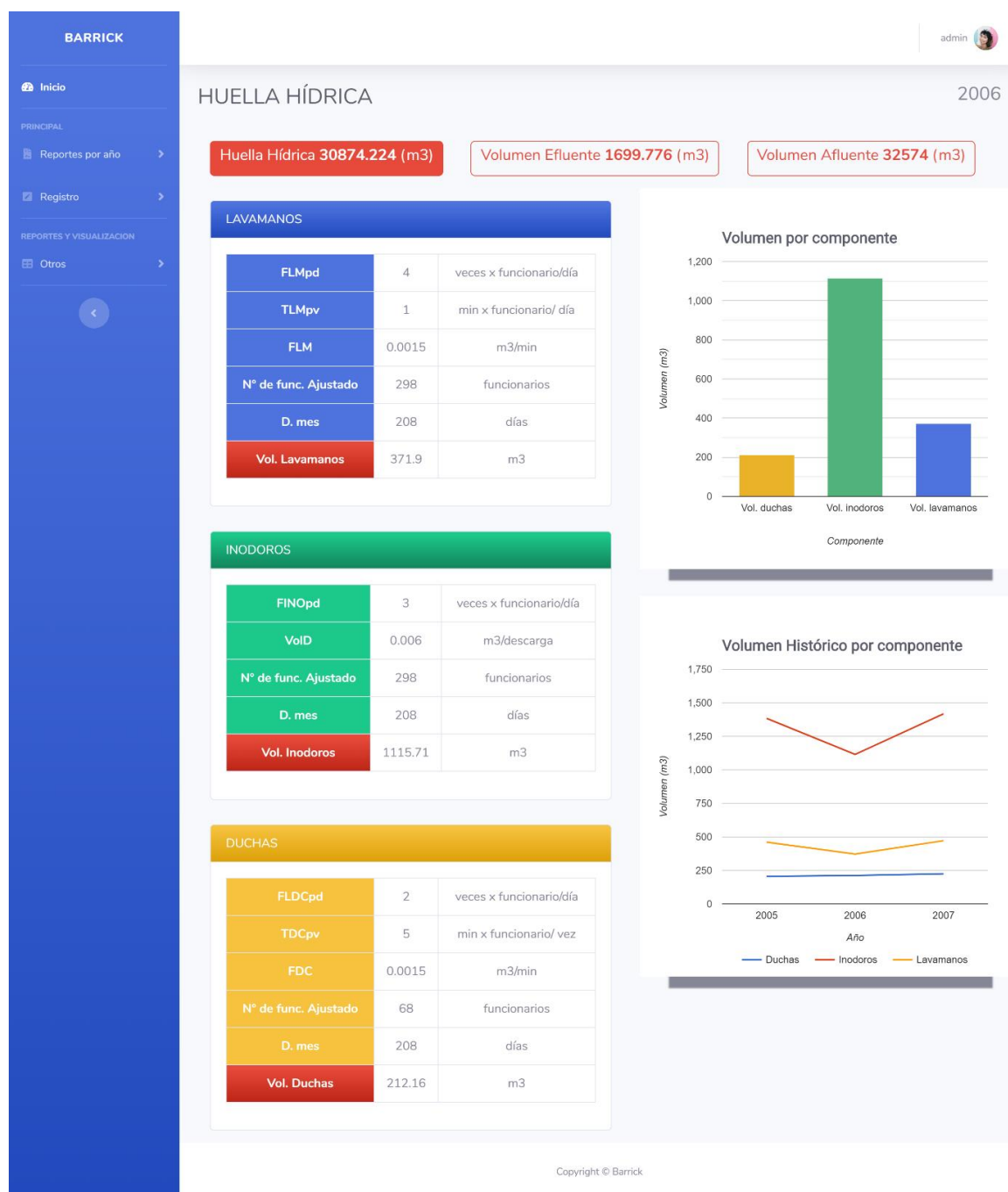


Figura 14. Reporte Huella Hídrica año 2006

En el año 2006, se obtuvo un valor de 30874.22 m³ para la Huella Hídrica Anual, se observa que, como en años anteriores, el mayor valor registrado es el correspondiente al uso de inodoros: 1115.71 m³, seguido por el uso de lavamanos siendo de 371.90 m³ y por último el menor correspondiente al uso de duchas, 212.16 m³. En cuanto a comparaciones con el año 2005, en el gráfico se observa que para el caso de inodoros y lavamanos los valores para el 2006 fueron menores, a diferencia de las duchas que incrementó ligeramente. Y en cuanto al año 2007, todos los valores de los componentes fueron menores para el 2006.

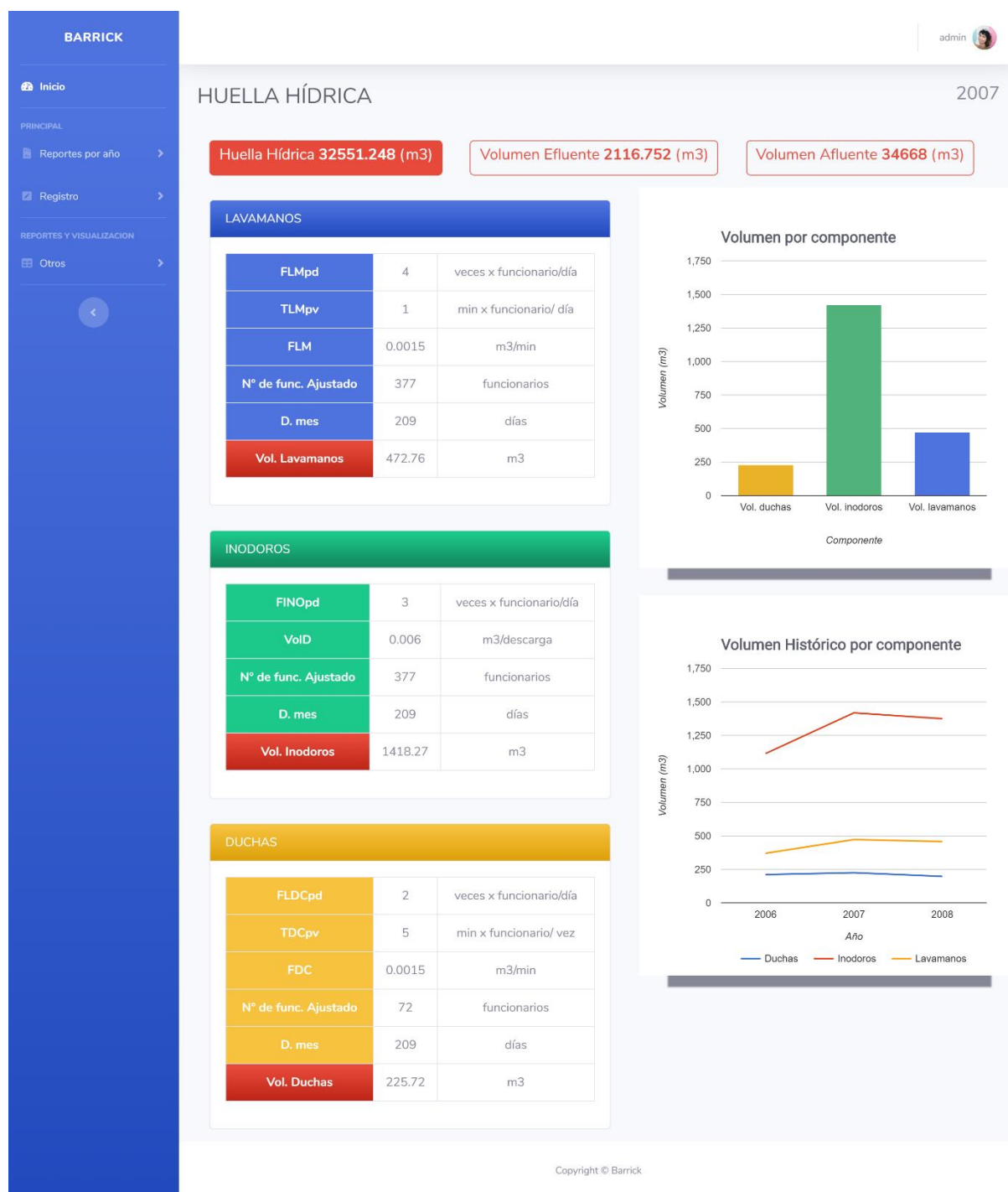


Figura 15. Reporte Huella Hídrica año 2007

Para el año 2007 se estimó una Huella Hídrica de 32551.25 m^3 . En relación a los componentes, el valor correspondiente al uso de inodoros fue de 1418.27 m^3 , para el uso de lavamanos se registró un valor de 472.76 m^3 y en el caso de las duchas 225.72 m^3 . En el segundo gráfico podemos observar que el valor de todos los componentes fue mayor para el año 2007 en comparación al año 2006 y 2008.

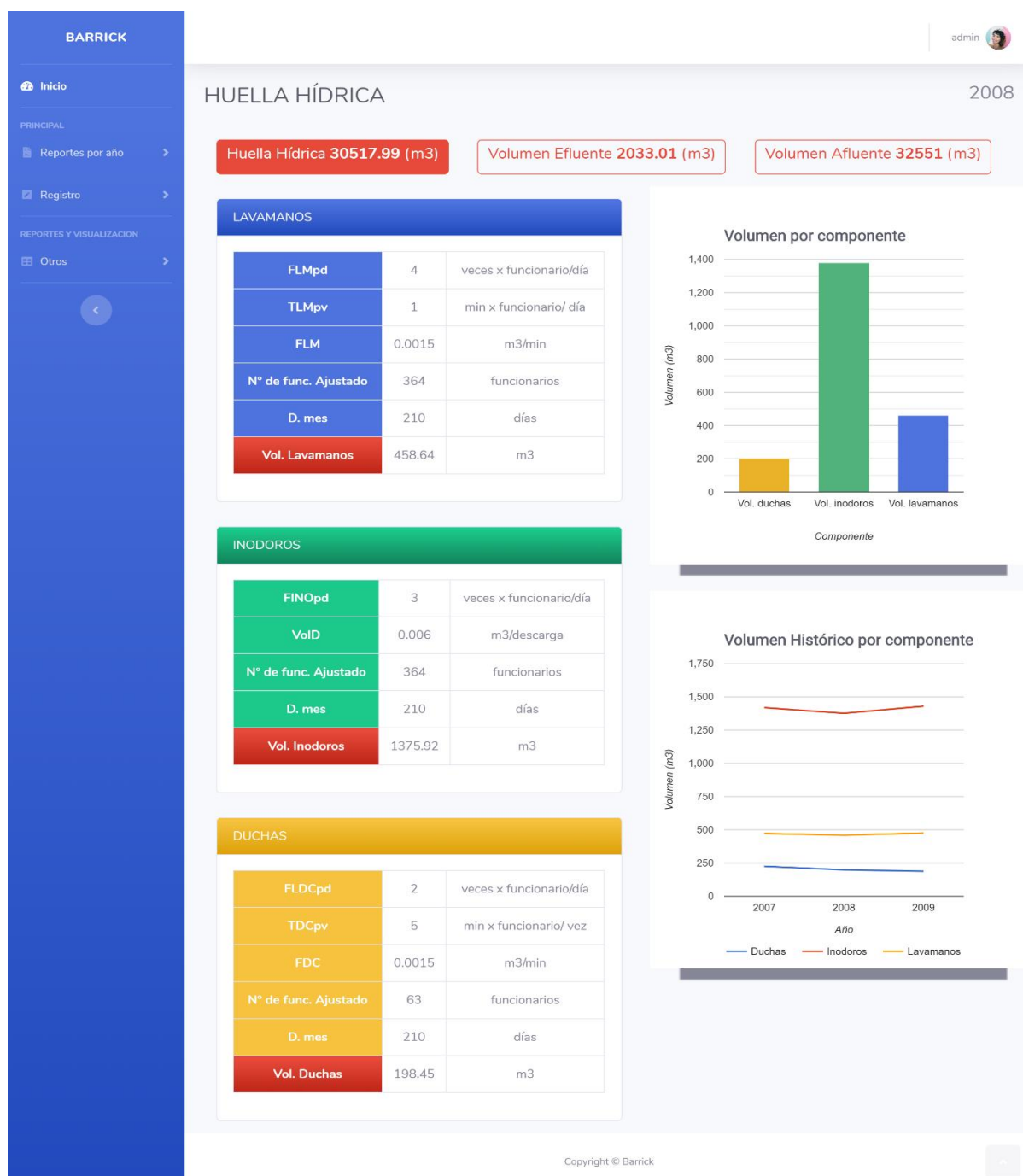


Figura 16. Reporte Huella Hídrica año 2008

En el caso del año 2008 se obtuvo un valor de 30517.99 m³ para la Huella Hídrica. El componente que registra mayor valor es el relacionado al uso de inodoros, el cual es de 1375.92 m³, y el menor valor es el relacionado al volumen por uso de duchas: 198.45 m³. En comparación al año anterior, es decir al 2007, todos los volúmenes relacionados a los componentes fueron menores para el año 2008. Y en cuanto al año 2009, el volumen por uso de inodoros y lavamanos fue mayor que en el 2008, pero menor en el caso del volumen por uso de duchas.

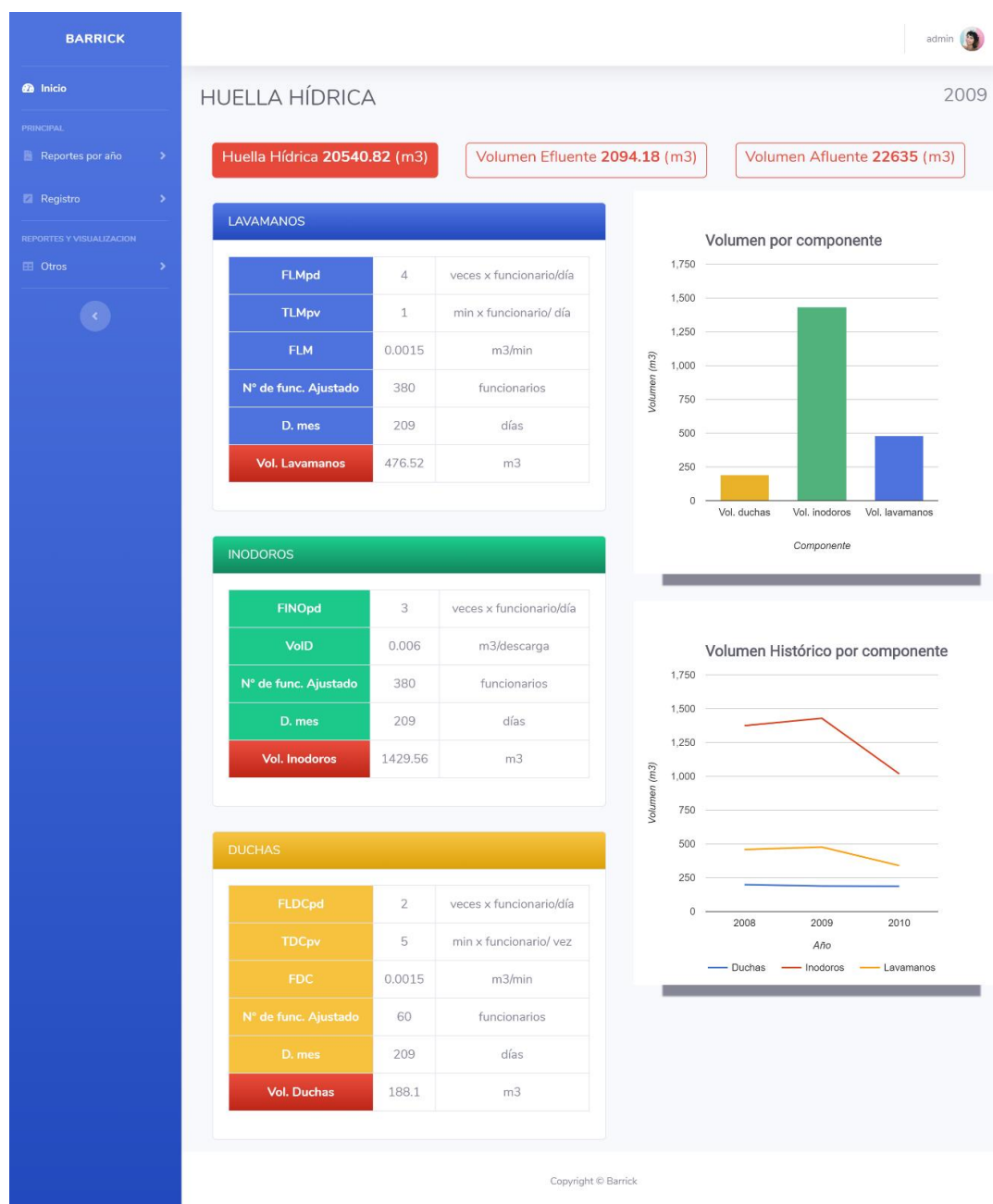


Figura 17. Reporte Huella Hídrica año 2009

Respecto al año 2009, 20540.82 m³ fue el valor que se obtuvo para la Huella Hídrica. En el primer gráfico podemos observar que el mayor valor de volumen corresponde al componente inodoros, con un valor de 1429.56 m³, seguido por el correspondiente al uso de lavamanos: 476.52 m³ y por último el menor valor corresponde al volumen por uso de duchas: 188.10 m³. En el segundo gráfico se observa que los volúmenes por componente fueron en el caso de inodoros y lavamanos, menores en el año 2008 que en el 2009, caso contrario del uso de duchas, el cual fue menor en el año 2009. Para el año 2010, todos los valores de volúmenes por componente fueron menores que en el año 2009.

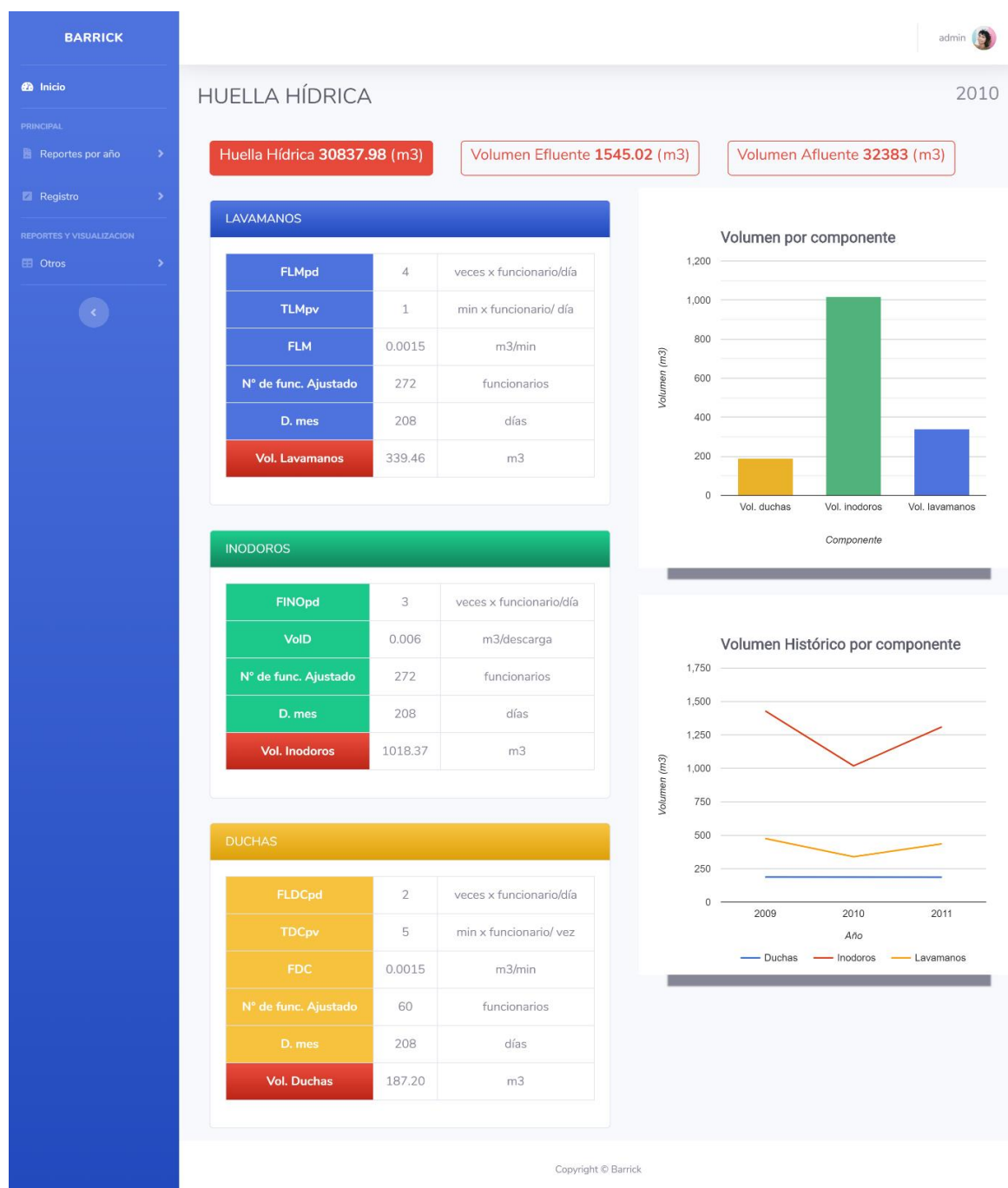


Figura 18. Reporte Huella Hídrica año 2010

El valor de Huella Hídrica para el año 2010 fue de 30837.98 m³. En cuanto al volumen por componente, de igual manera se observa que el mayor corresponde al uso de inodoros, siendo de 1018.37 m³, y el menor al uso de duchas, con un valor de 187.20 m³. Podemos observar, además, que los valores de volúmenes por todos los componentes fueron mayores para este año en comparación al año 2009, sin embargo, para el año 2011 los valores de volumen por inodoros y lavamanos fueron mayores que en el 2010, en el caso del volumen relacionado al uso de duchas fue igual en ambos años.

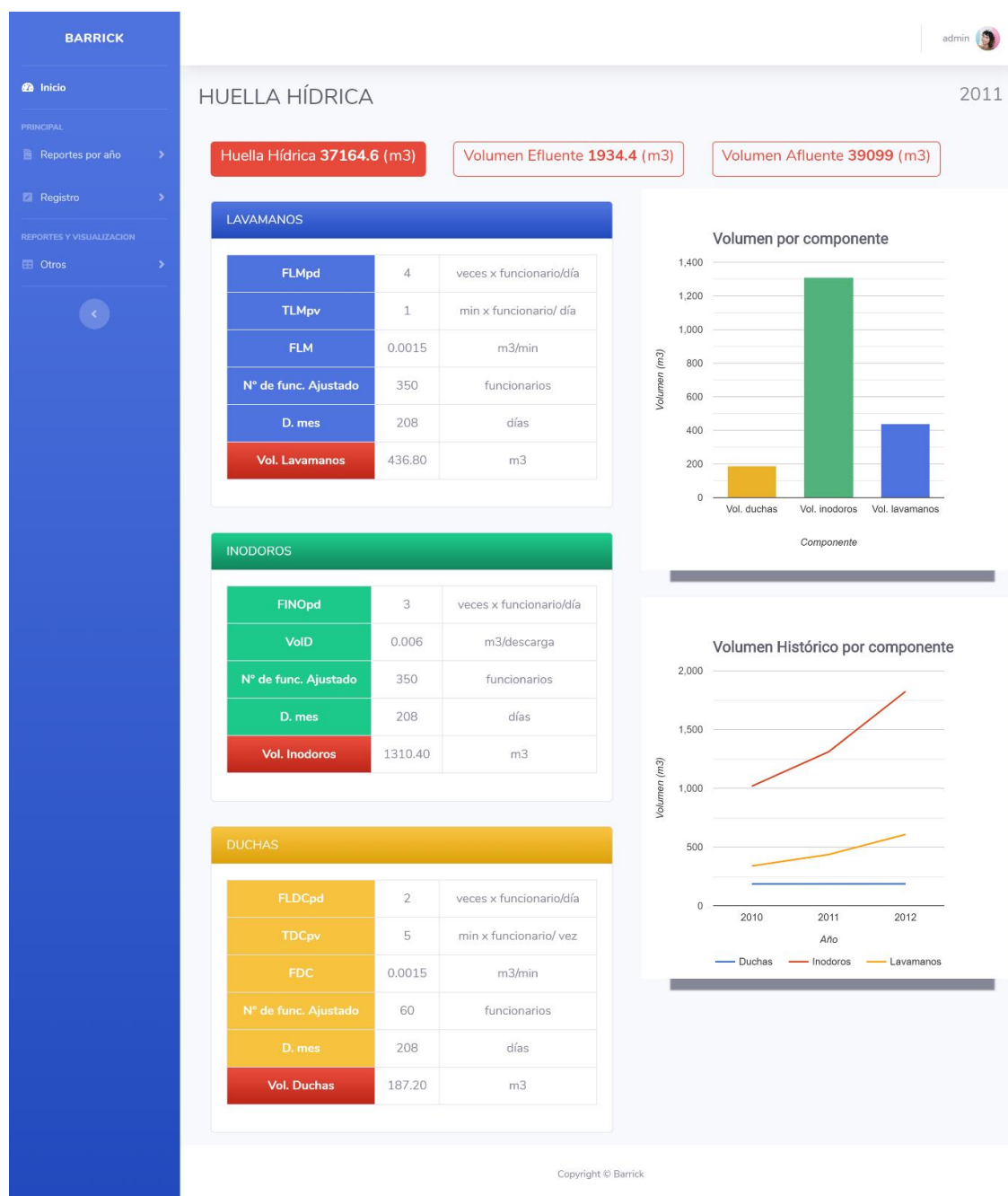


Figura 19. Reporte Huella Hídrica año 2011

En el caso del año 2011, la Huella Hídrica tuvo un valor de 37164.60 m^3 . Como se muestra en el primer gráfico, el menor volumen se registra por el componente duchas, el cual tiene un valor de 187.20 m^3 , seguido se tiene el valor de 436.80 m^3 correspondiente al volumen por el componente lavamanos, y como mayor valor se tiene el volumen por el componente inodoros: 1310.40 m^3 . En relación al segundo gráfico, se observa que para el caso de componente lavamanos e inodoros, los volúmenes fueron mayores en el año 2011 en comparación al 2010, sin embargo, el volumen por duchas fue igual para ambos años. Para el año 2012 se incrementaron los volúmenes de todos los componentes.

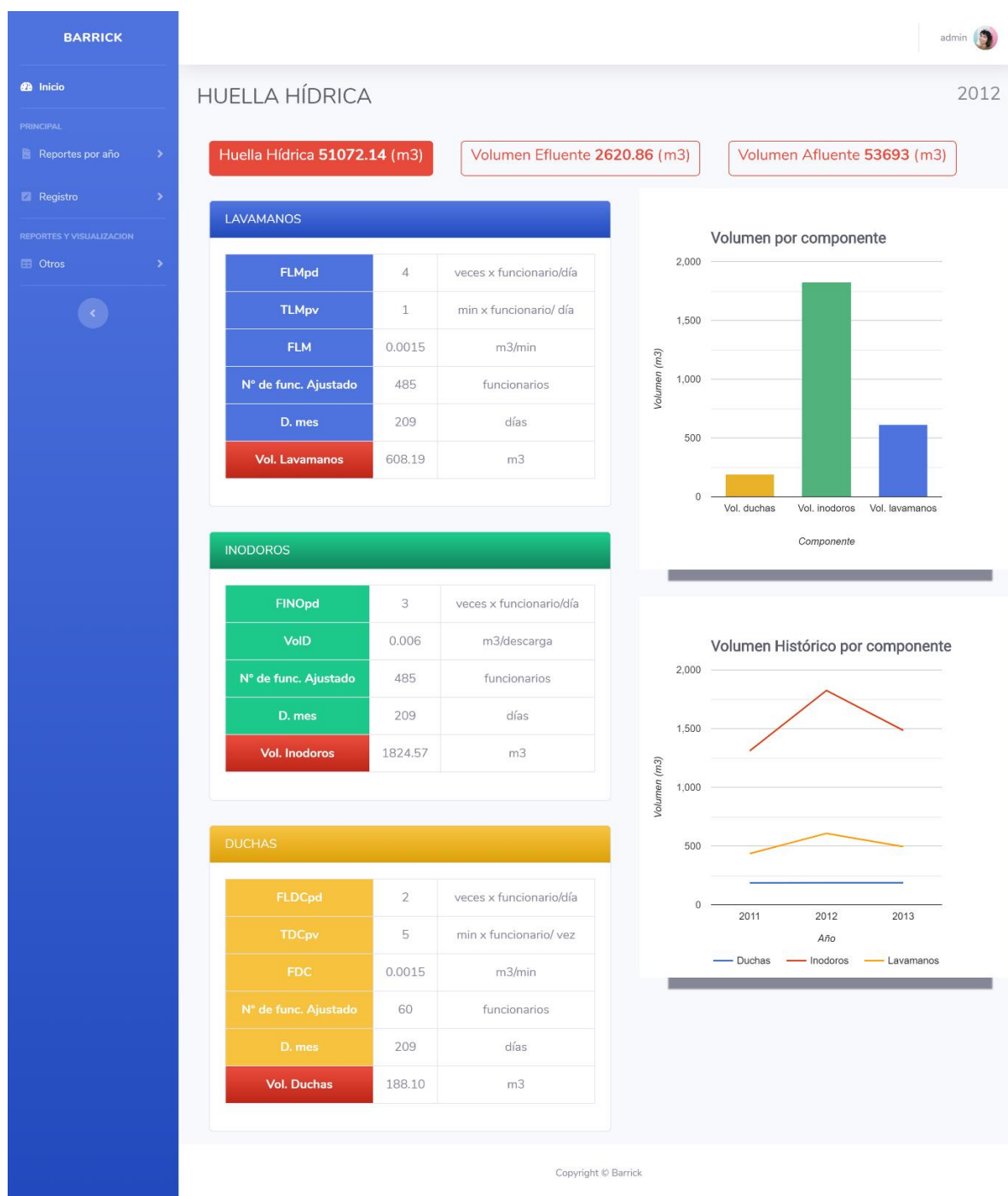


Figura 20. Reporte Huella Hídrica año 2012

En el año 2012 se obtuvo un valor de 51072.14 m³ para la Huella Hídrica. El componente relacionado al uso de inodoros tuvo un valor de 1824.57 m³, el relacionado al uso de lavamanos 608.19 m³ y para el caso de duchas un volumen de 188.10 m³. En cuanto a la comparación con el año anterior, 2011, todos los valores de los componentes incrementaron para el 2012, sin embargo, para el año 2013 disminuyeron en el caso de inodoros y lavamanos, mientras que el volumen por duchas se mantuvo constante en ambos años.

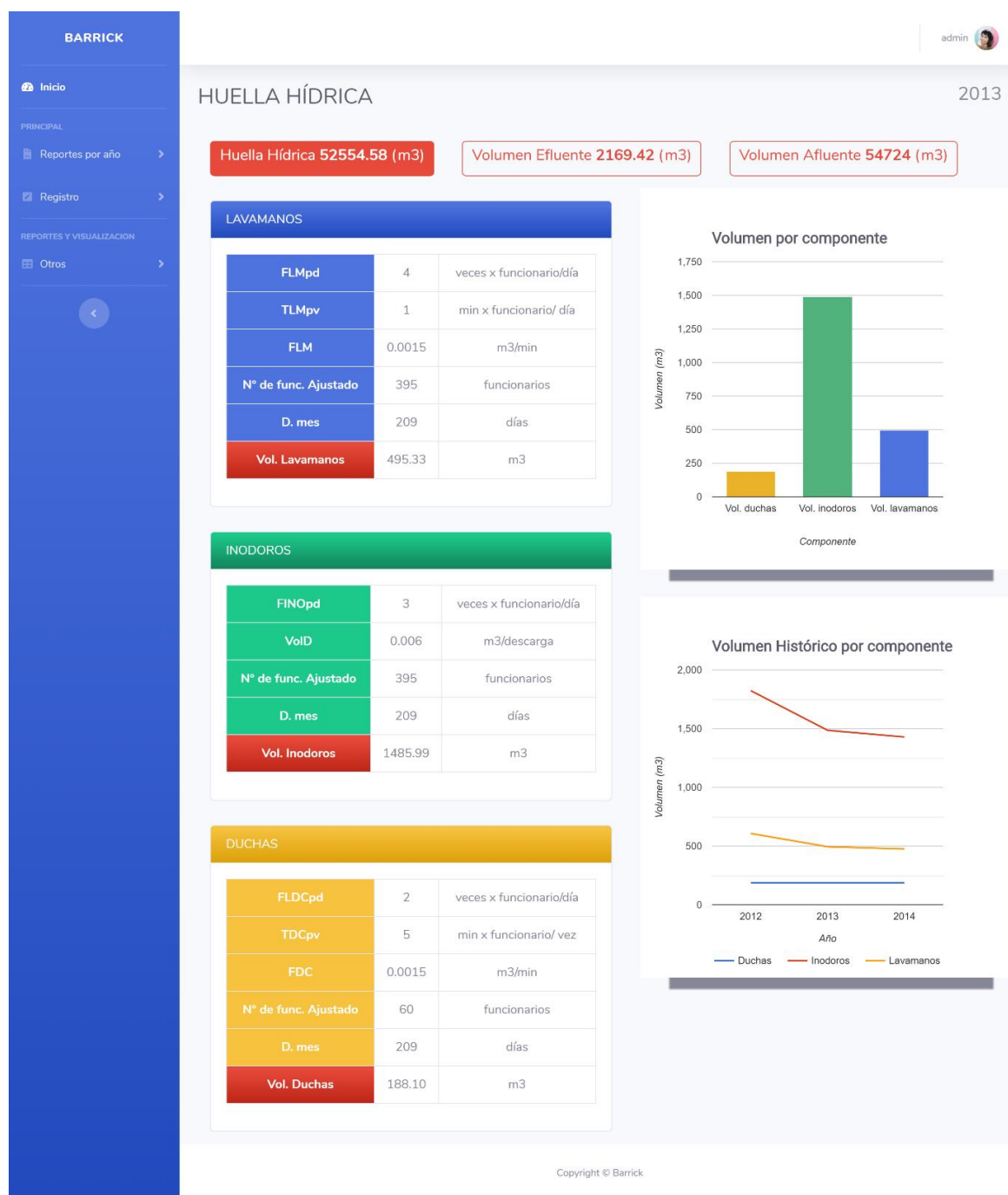


Figura 21. Reporte Huella Hídrica año 2013

El valor obtenido para la Huella Hídrica del año 2013 fue de 57554.58 m³. El volumen por componente inodoros fue de 1485.99 m³, para lavamanos de 495.33 m³ y para duchas de 188.10 m³. Se observa, en el segundo gráfico, que los volúmenes por los componentes disminuyeron para el año 2013 en relación con el 2012, en cambio, para el caso del componente duchas se mantuvo constante. En cuanto al año 2014, igualmente el volumen del componente duchas fue constante en comparación al año 2013, mientras que en el caso de inodoros y lavamanos disminuyó.

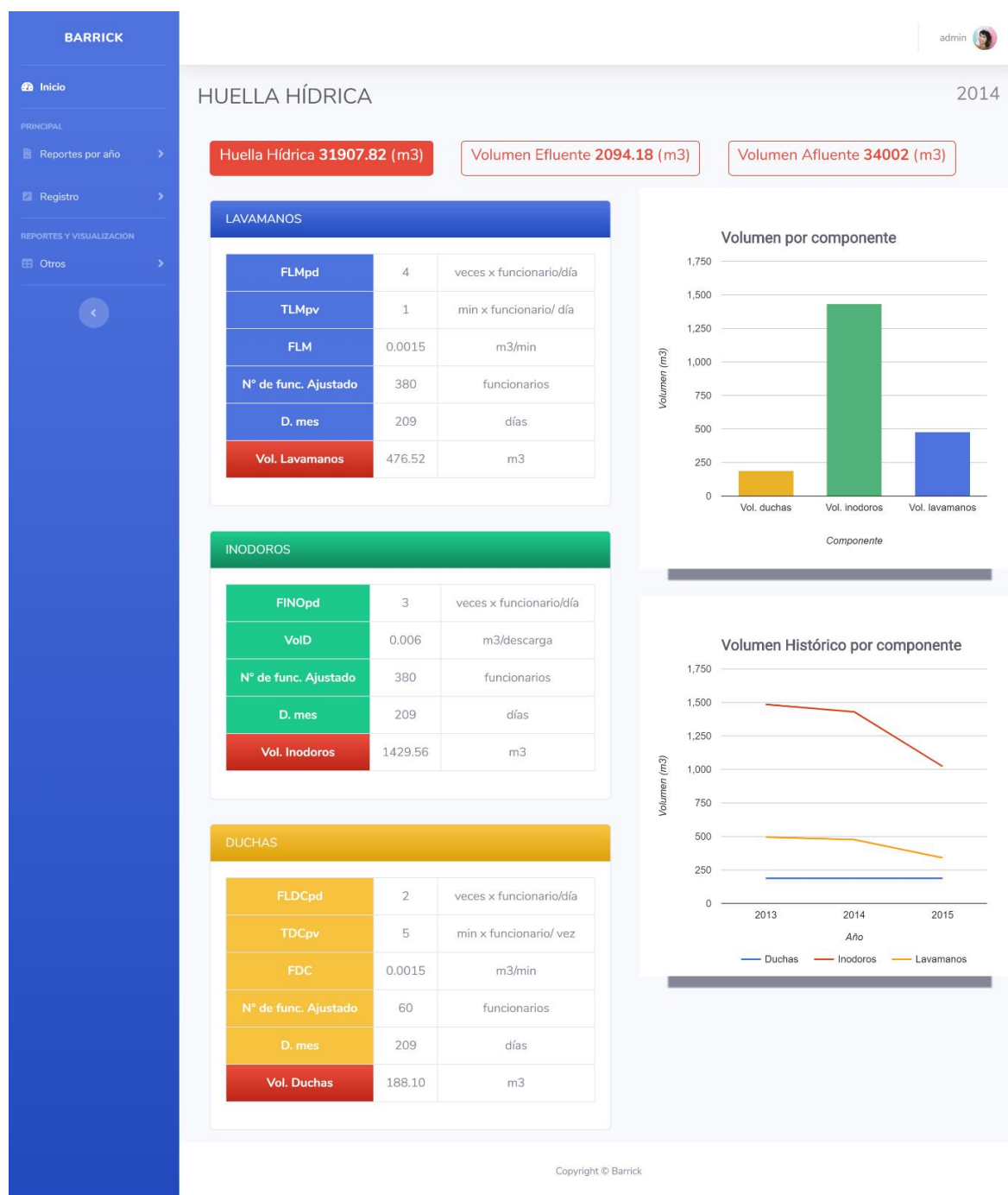


Figura 22. Reporte Huella Hídrica año 2014

En cuanto al 2014, la Huella Hídrica fue de 31907.82 m³. Se puede observar, en el gráfico de barras, que el componente con el volumen mayor obtenido fue el correspondiente a inodoros con un valor de 1429.56 m³, en segundo lugar, el de lavamanos con 476.52 m³ y el menor volumen el relacionado a duchas con un valor de 188.10 m³. En el segundo gráfico se observa que el componente duchas mantuvo constante su valor para el año 2013, 2014 y 2015. En cuanto a lavamanos e inodoros, en el año 2014 los valores fueron menores que en el 2013 pero mayores que en el 2015.

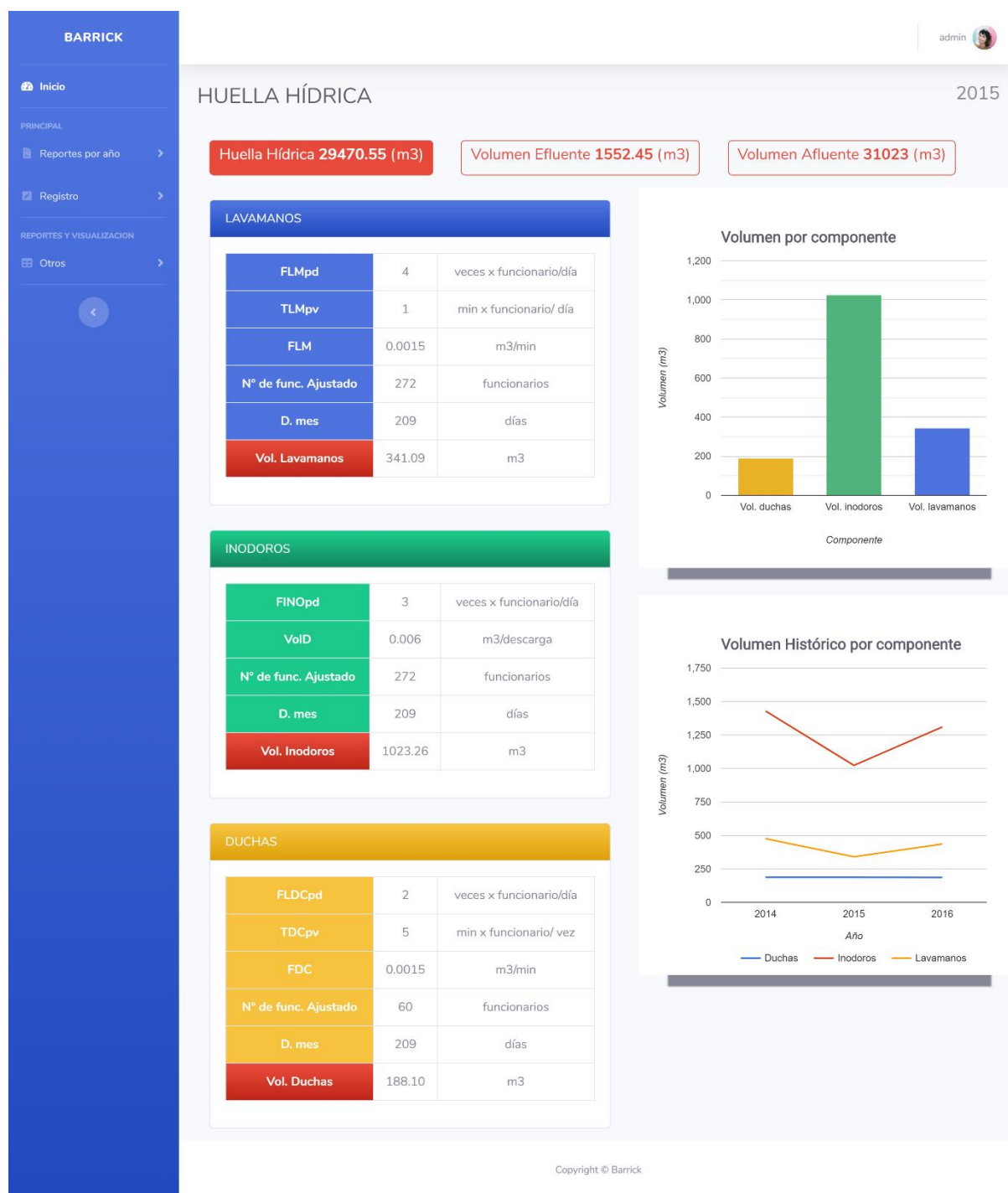


Figura 23. Reporte Huella Hídrica año 2015

En el año 2015 se tiene 29470.44 m³ como valor de Huella Hídrica. En relación a los componentes: lavamanos, inodoros y duchas, se tiene valores de 341.09 m³, 1023.26 m³ y 188.10 m³ respectivamente. El valor del componente duchas fue constante para el año 2014 y 2015, sin embargo, en el caso de inodoros y lavamanos, los valores disminuyeron del año 2014 al 2015 pero se incrementaron para el año 2016.

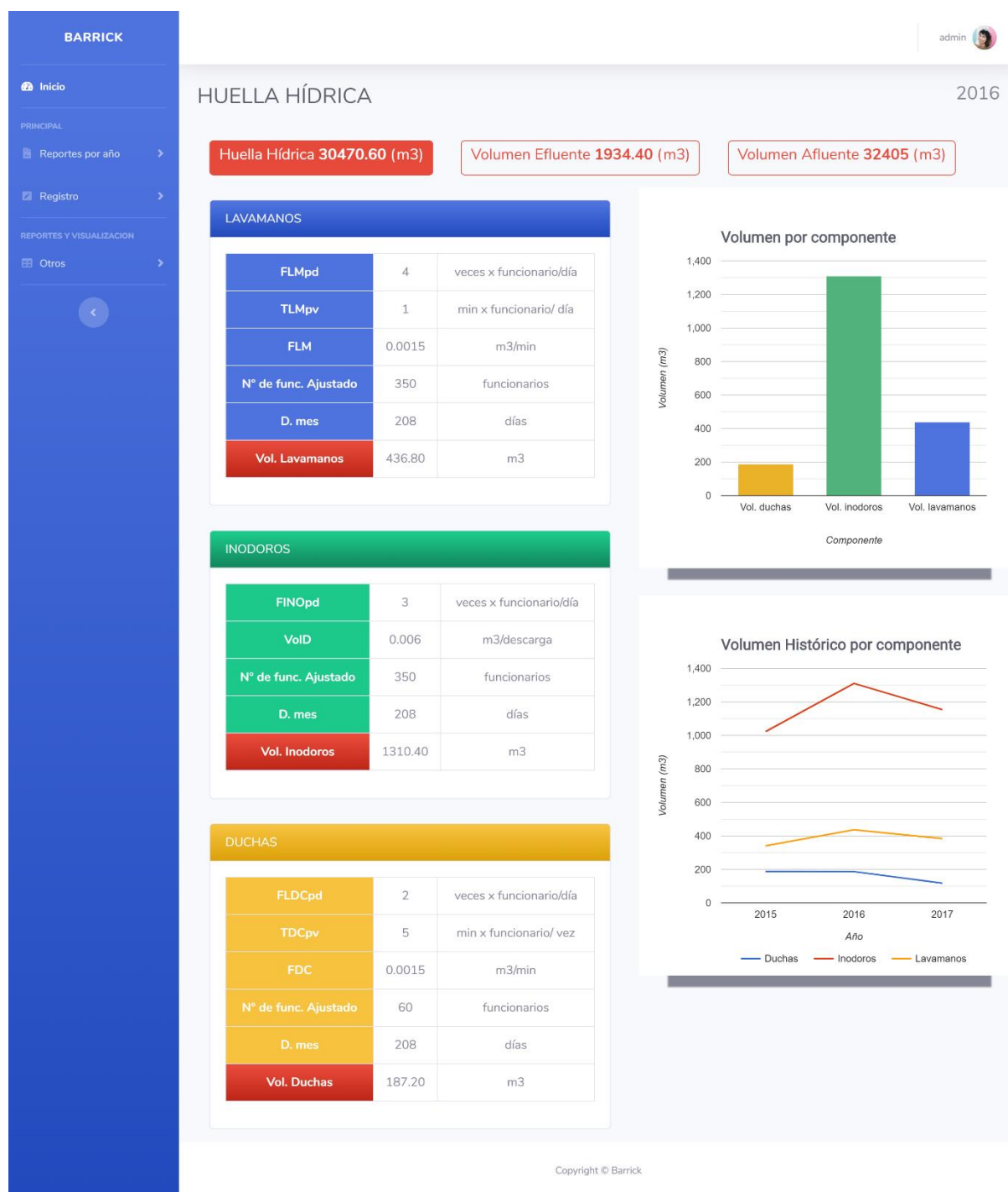


Figura 24. Reporte Huella Hídrica año 2016

En el año 2016, la Huella Hídrica obtenida fue 30470.60 m³. Se observa que el volumen correspondiente al uso de lavamanos fue de 436.80 m³, para el caso de inodoros 1310.40 m³ y para las duchas de 187.20 m³. La comparación respecto al año 2015 muestra que el volumen tanto en el caso de lavamanos como inodoros incrementó para el año 2016 pero disminuyó ligeramente en el caso de duchas. Y, respecto al año 2017, todos los componentes registraron un mayor valor en el año 2016.

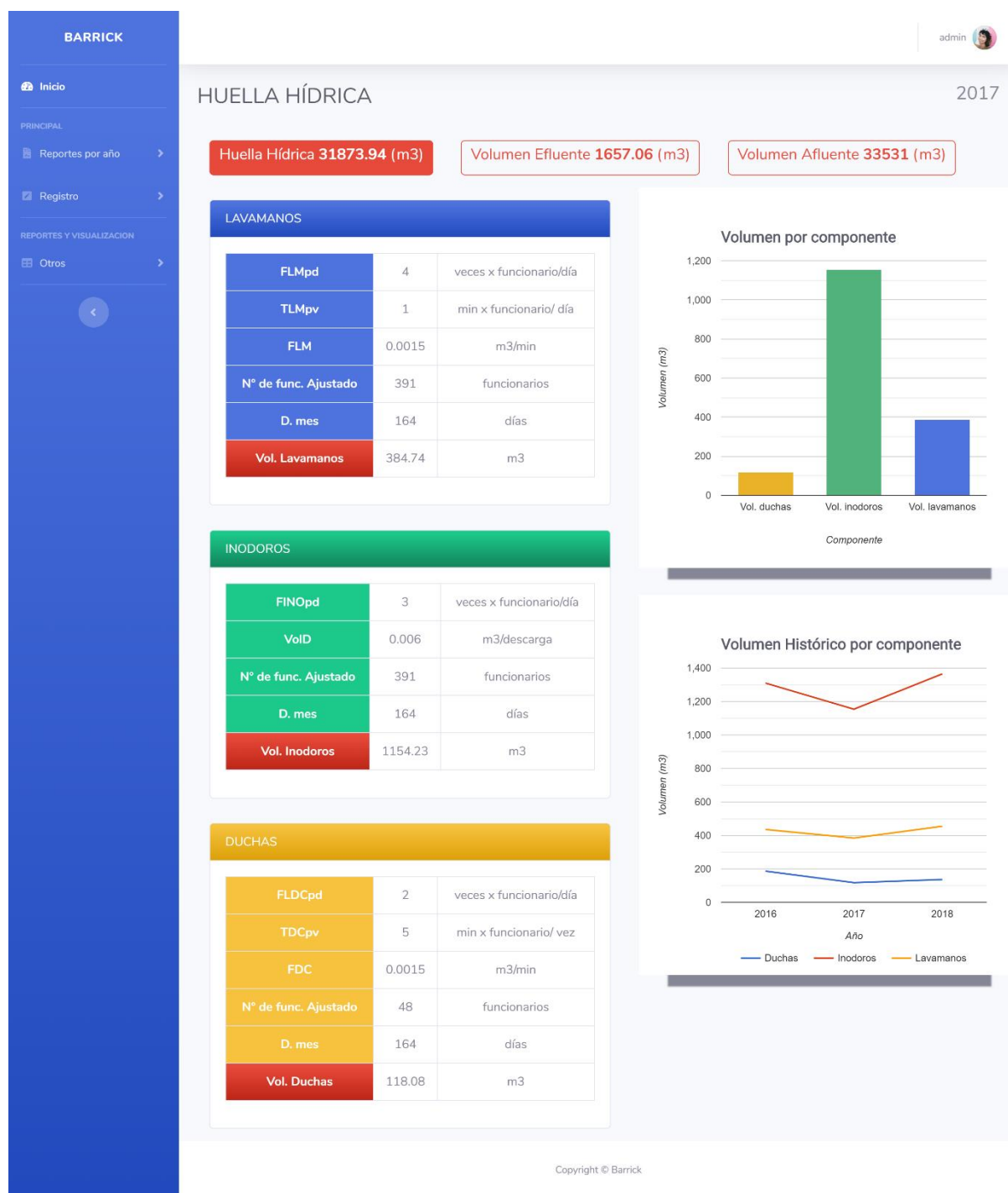


Figura 25. Reporte Huella Hídrica año 2017

Para el año 2017 el valor de Huella Hídrica obtenido fue de 31873.94 m³. En este año, se observa que de igual manera el componente que registra el valor mayor es el volumen por uso de inodoros, siendo 1154.23 m³, seguido por el componente lavamanos con un valor de 384.74 m³ y por último el componente duchas con 118.08 m³. Los valores de los 3 componentes fueron menores en el año 2017 en comparación con el año anterior y el año siguiente, es decir con los años 2016 y 2018.

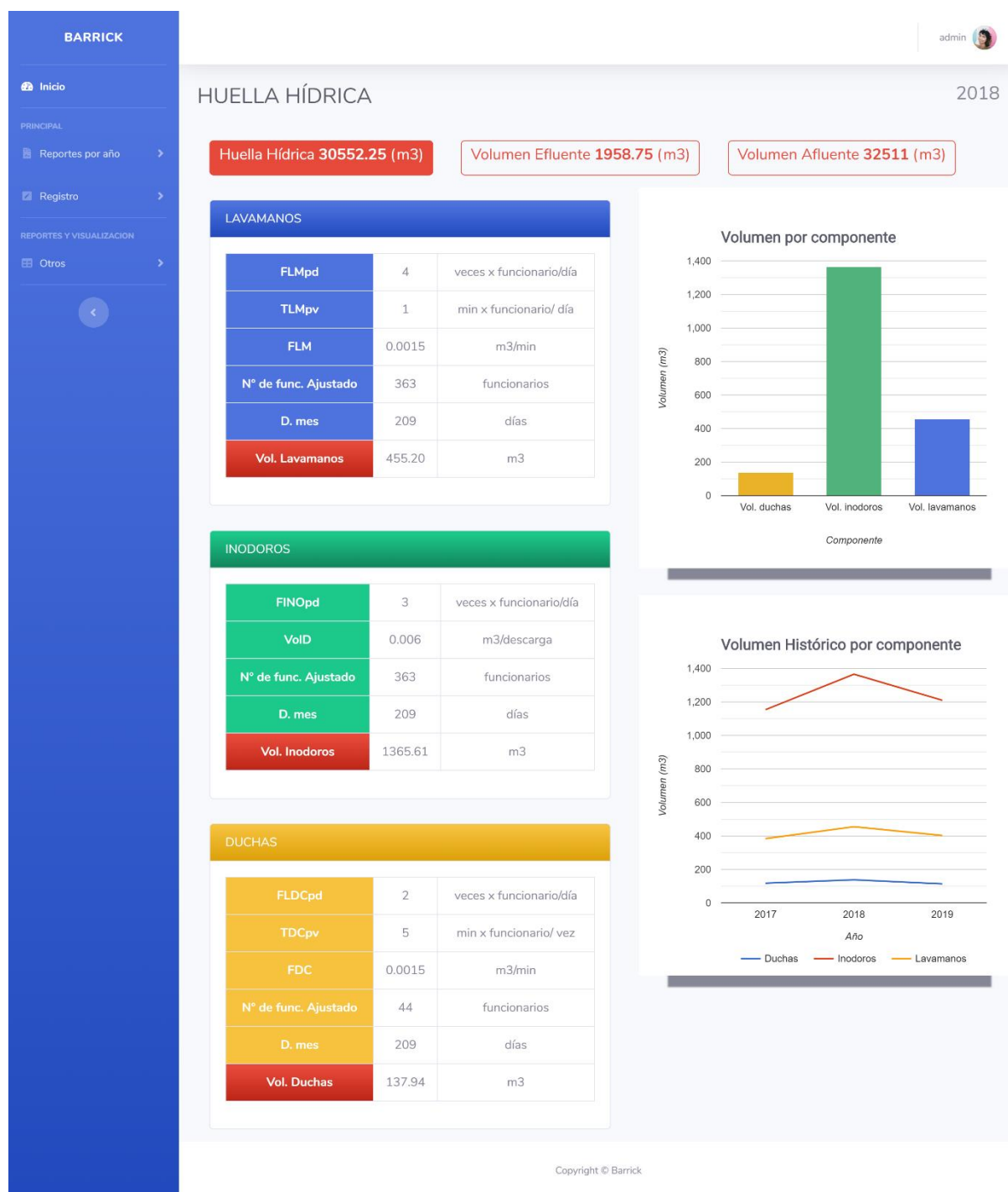


Figura 26. Reporte Huella Hídrica año 2018

La Huella Hídrica para el año 2018 fue de 30552.25 m³. En el gráfico superior se muestra la comparación entre volúmenes por componente, donde se observa que en orden decreciente se tiene: inodoros, lavamanos y duchas, con valores de 1365.61 m³, 455.20 m³ y 137.94 m³ respectivamente. El segundo gráfico permite observar la comparación con el año 2017 y 2019, donde se tiene que en el año 2018 los valores para todos los componentes fueron mayores respecto a ambos años.

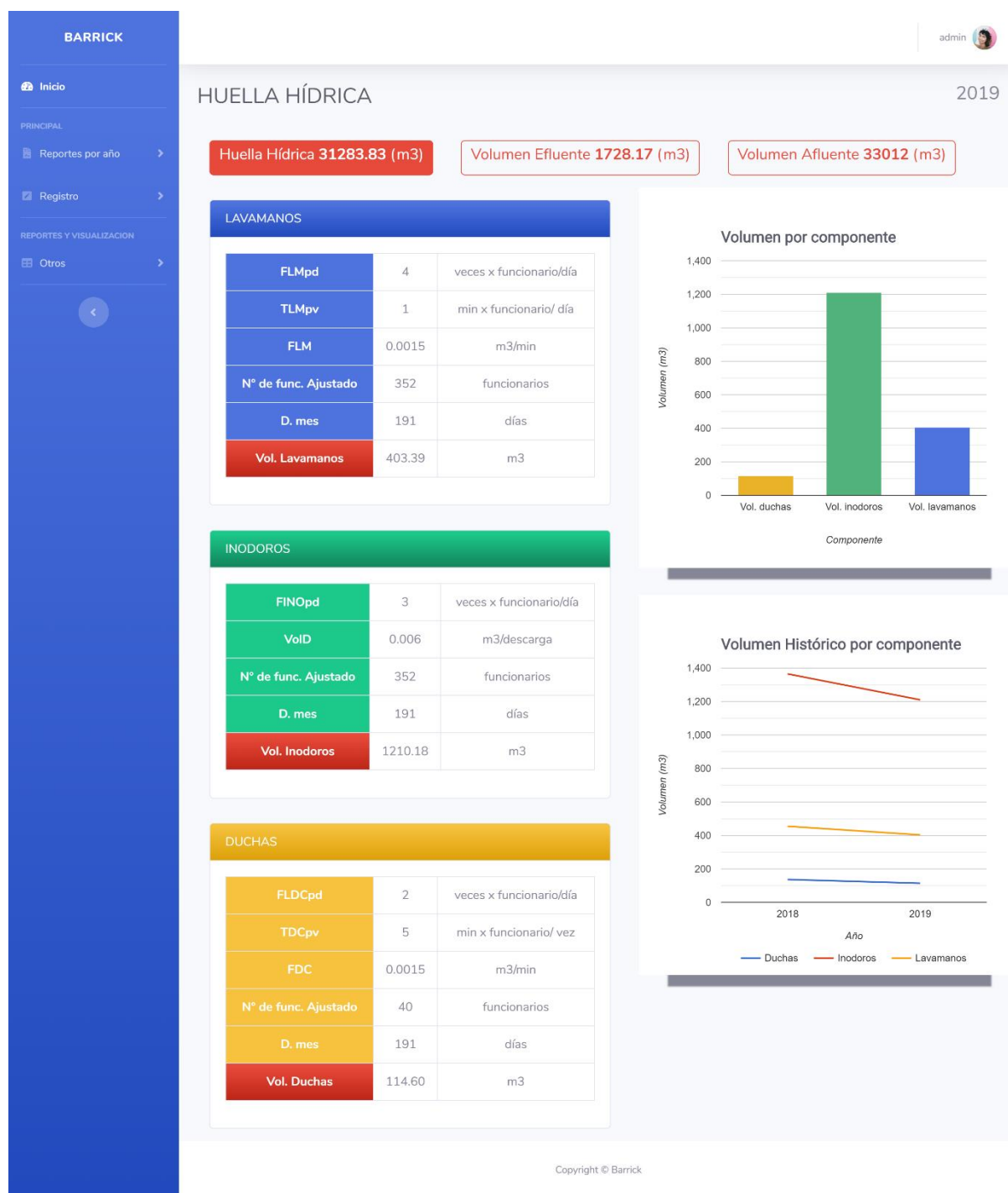


Figura 27. Reporte Huella Hídrica año 2019

En el año 2019, se tiene un valor de 31283.83 m³ de Huella Hídrica. Como en los anteriores años, se registra el mayor valor para el componente inodoros: 1210.18 m³, en segundo lugar, el componente lavamanos: 403.39 m³ y por último el componente duchas con 114.60 m³. Realizando la comparación con el año 2018, todos los volúmenes disminuyeron para el 2019.

B. Huella de Carbono

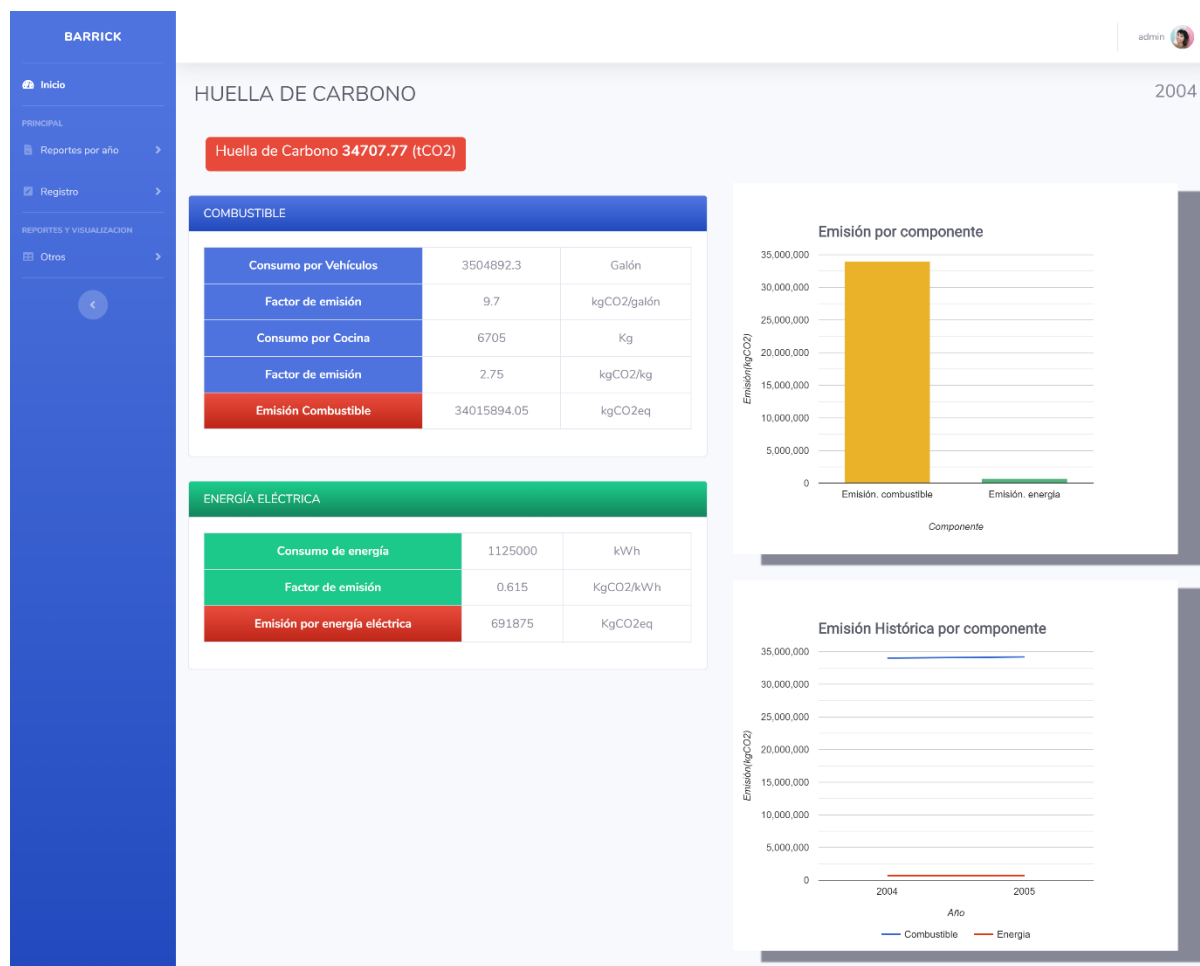


Figura 28. Reporte Huella de Carbono año 2004

En el año 2004 se obtuvo 34707.77 tCO₂ de Huella de Carbono. Se observa que el mayor aportante a la emisión es el combustible, para el cual se obtuvo un valor de 34015.89 tCO₂ y para el caso de la emisión generada por energía eléctrica se tiene 691.88 tCO₂. El segundo gráfico nos muestra que ambos valores se incrementaron para el siguiente año (2005).

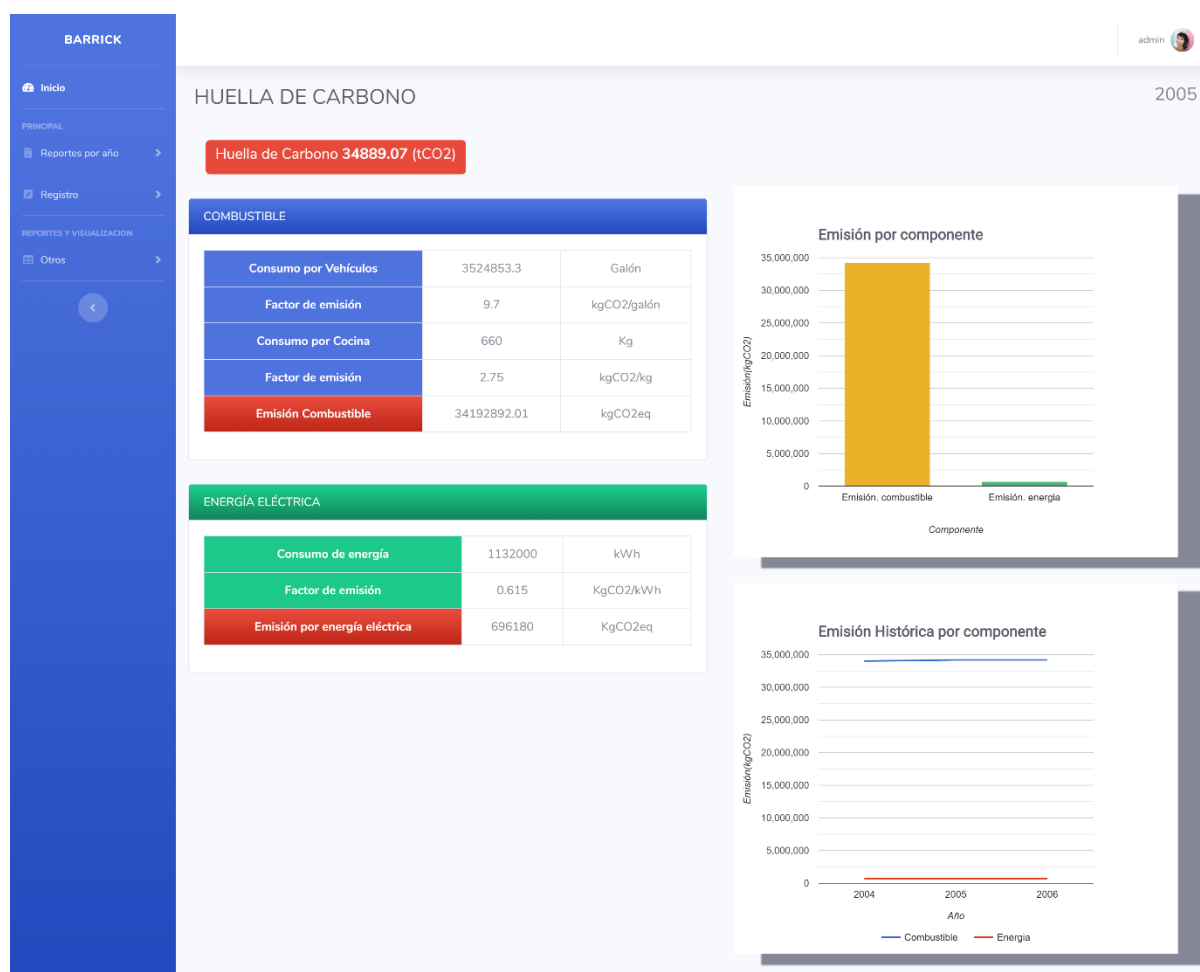


Figura 29. Reporte Huella de Carbono año 2005

En el caso del año 2005, se obtuvo como valor de Huella de Carbono 34889.07 tCO₂. De igual manera, la mayor emisión se debe al consumo de combustible, el cual aporta 34192.89 tCO₂ y en cuanto a la energía eléctrica, esta contribuye con un 696.18 tCO₂. Se observa además que en comparación al año 2004, las emisiones incrementaron para el 2005, sin embargo para el año 2006 incrementó la emisión relacionada a energía eléctrica pero disminuyó la correspondiente a consumo de combustible.

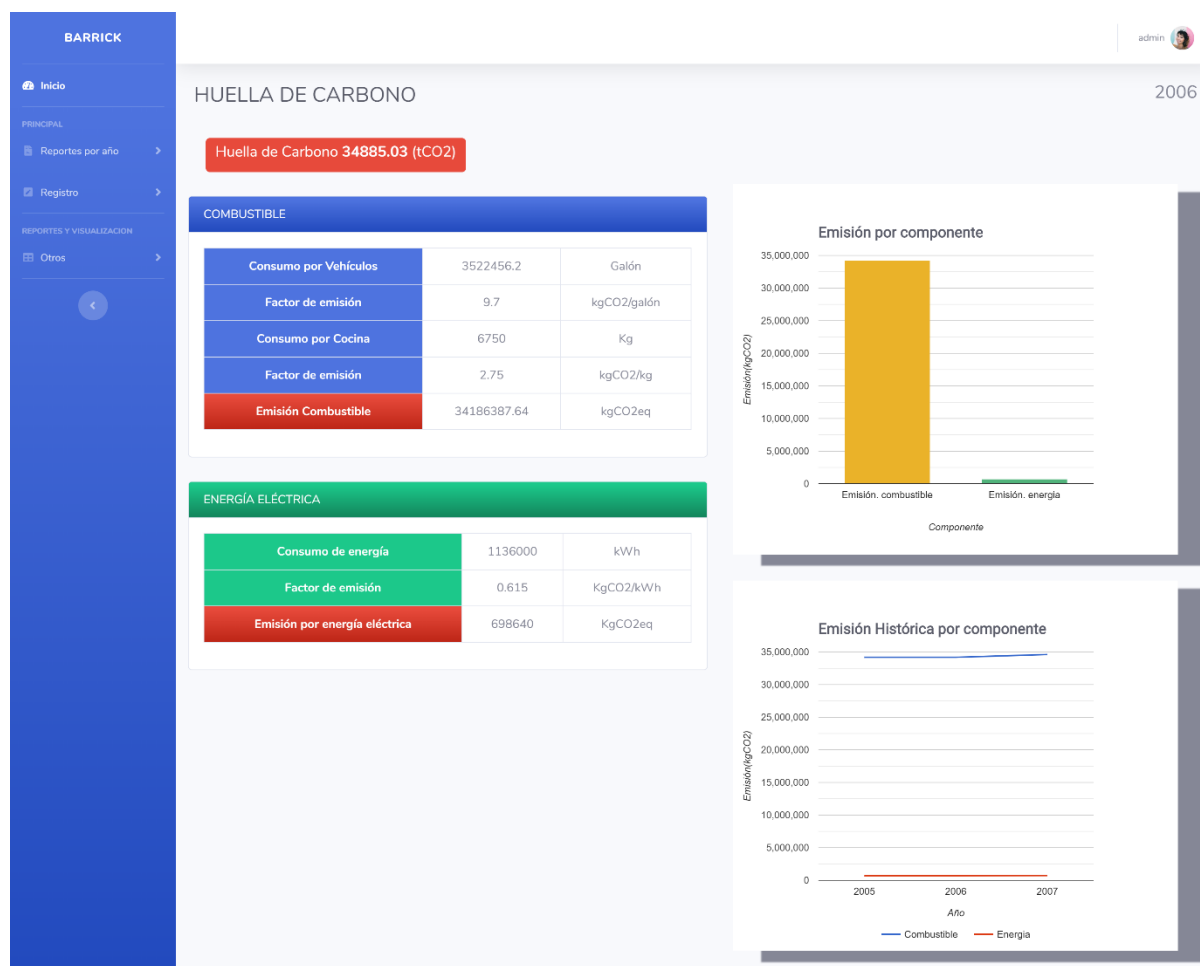


Figura 30. Reporte Huella de Carbono año 2006

Respecto al año 2006, la Huella de Carbono fue de 34885.03 tCO₂. En el primer gráfico se observa que la mayor emisión fue por el componente combustible, con un valor de 34186.39 tCO₂ y en segundo lugar la emisión por componente energía eléctrica, siendo de 698.64 tCO₂. En cuanto a la comparación con el año 2005, la emisión por consumo de combustible fue menor para el 2006, caso contrario que la emisión por consumo de energía, la cual incrementó para este año. Y en comparación con el año 2007, ambos componentes tuvieron una emisión mayor que en el 2006.

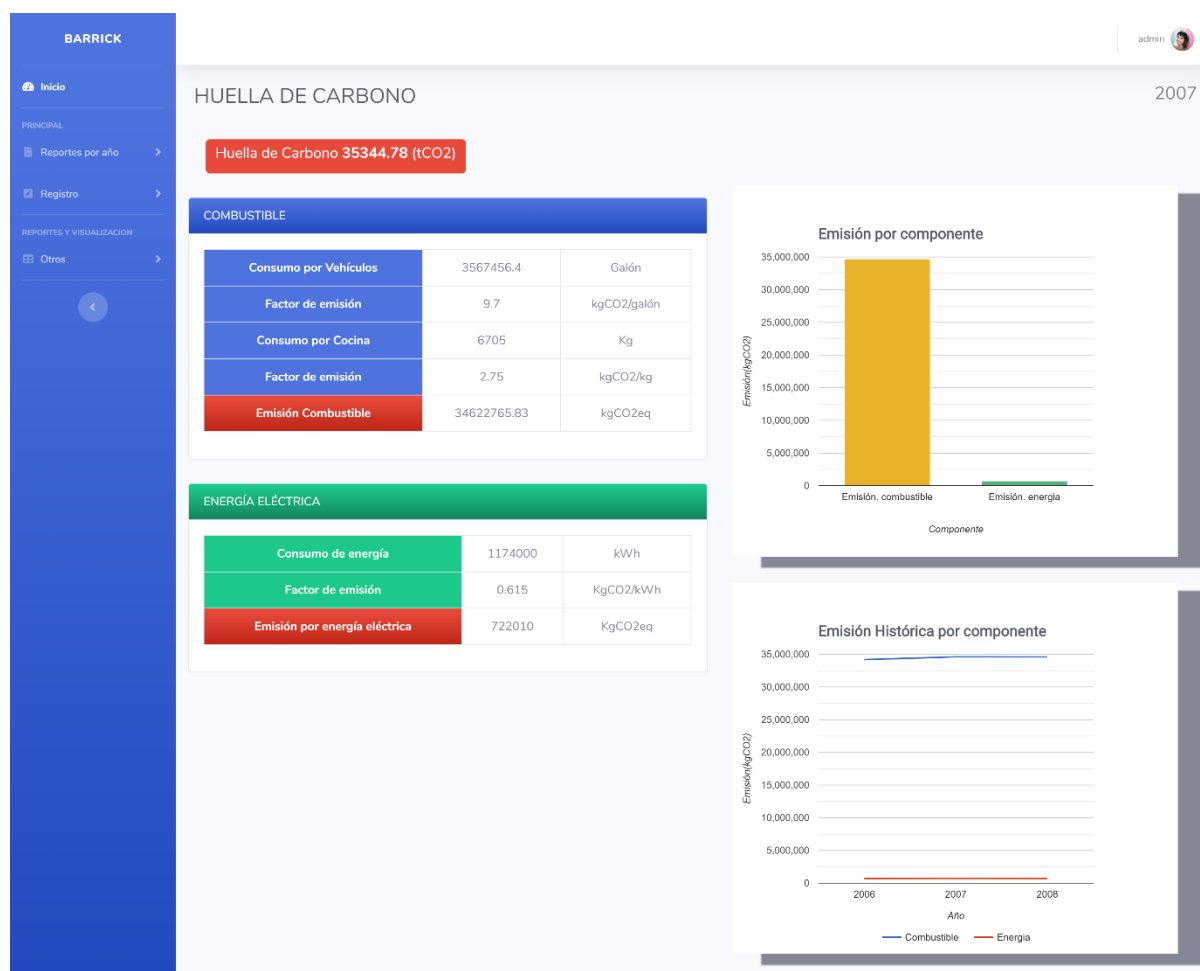


Figura 31. Reporte Huella de Carbono año 2007

Para este año, 2007, 35344.78 tCO₂ fue la Huella de Carbono obtenida. Se observa que la emisión por combustible y por energía eléctrica fue de 34622.77 tCO₂ y 722.01 tCO₂ respectivamente. Del año 2006 al 2007 se incrementaron los valores de emisiones tanto por el componente de combustible como de energía eléctrica, sin embargo, del año 2007 al 2008 ambos componentes disminuyeron.

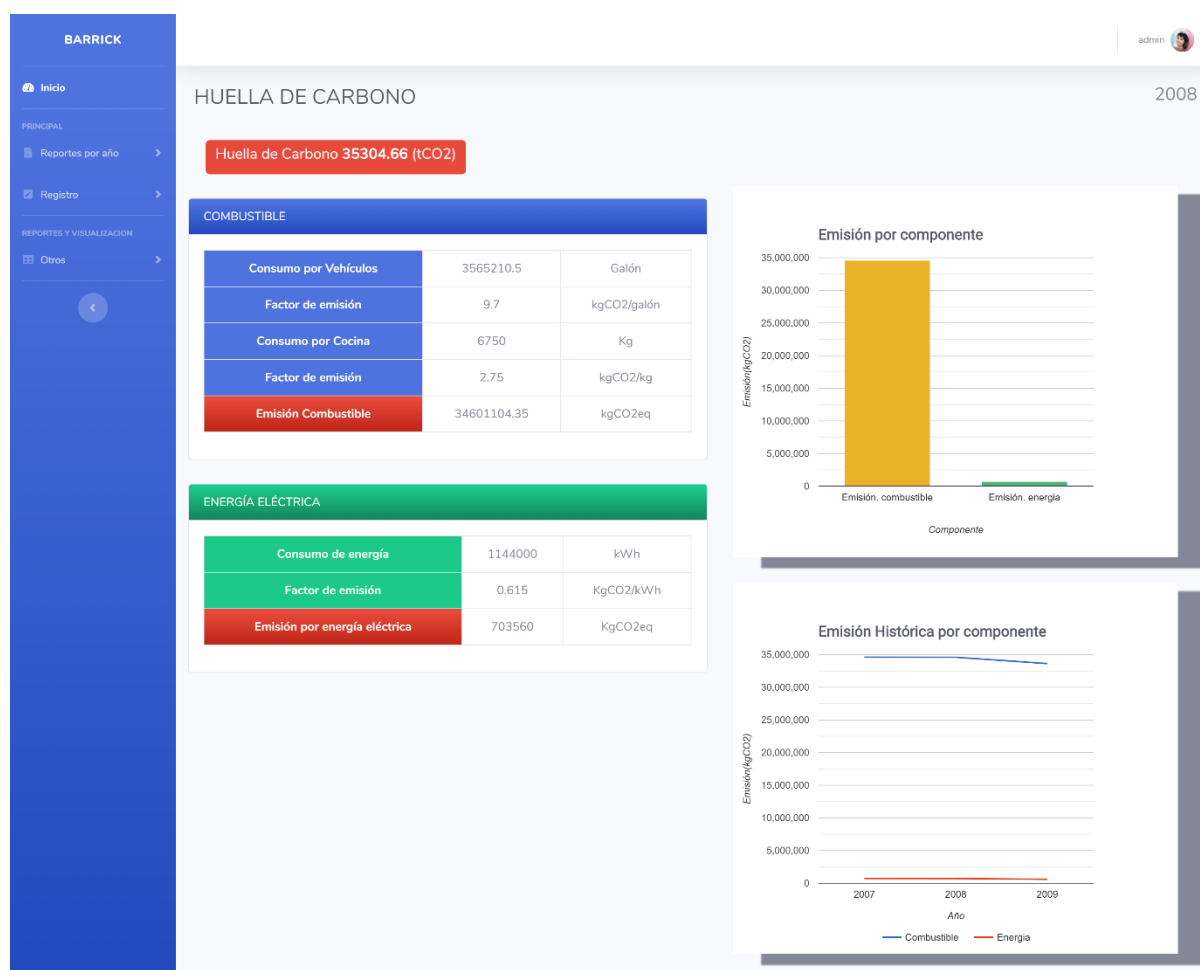


Figura 32. Reporte Huella de Carbono año 2008

En el año 2008 se obtuvo una Huella de Carbono de 35304.66 tCO₂. En cuanto a la emisión por el componente combustible fue 34601.10 tCO₂ y por el componente energía eléctrica 703.56 tCO₂. En el segundo gráfico se observa que en el caso de la emisión por combustible, disminuyó del año 2007 al 2008 y de igual manera del 2008 al 2009, y para el caso de emisión por consumo de energía eléctrica, igualmente disminuyó del año 2007 al 2008 y del 2008 al 2009.

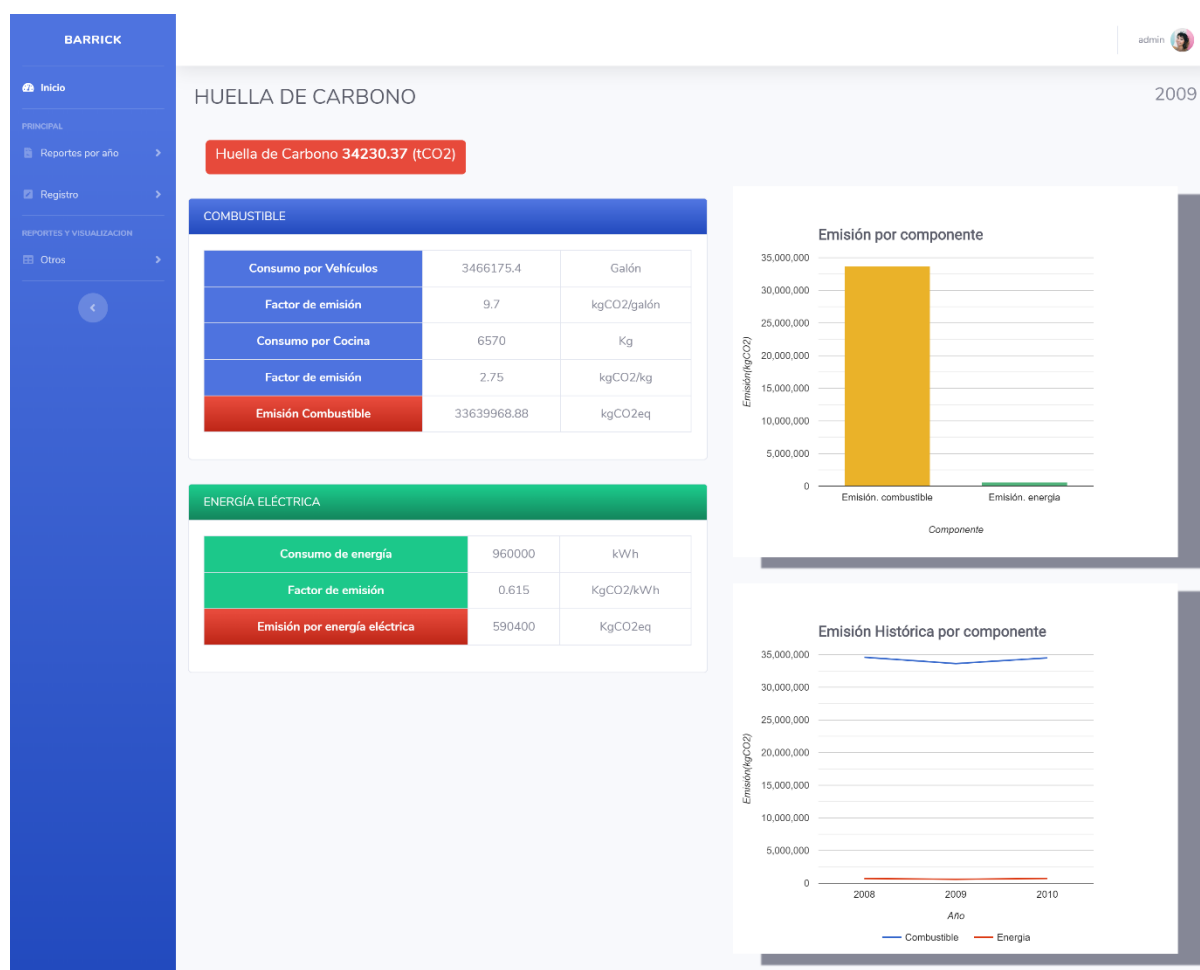


Figura 33. Reporte Huella de Carbono año 2009

La Huella de Carbono obtenida para este año (2009) tuvo un valor de 34230.37 tCO₂. En el primer gráfico se puede observar la emisión por componente para este año, tanto combustible como energía eléctrica, las cuales fueron 33639.97 tCO₂ y 590.40 tCO₂ respectivamente. En comparación al año anterior, es decir el 2008, ambos valores de emisión por componente disminuyeron, sin embargo, para el 2009 incrementaron.

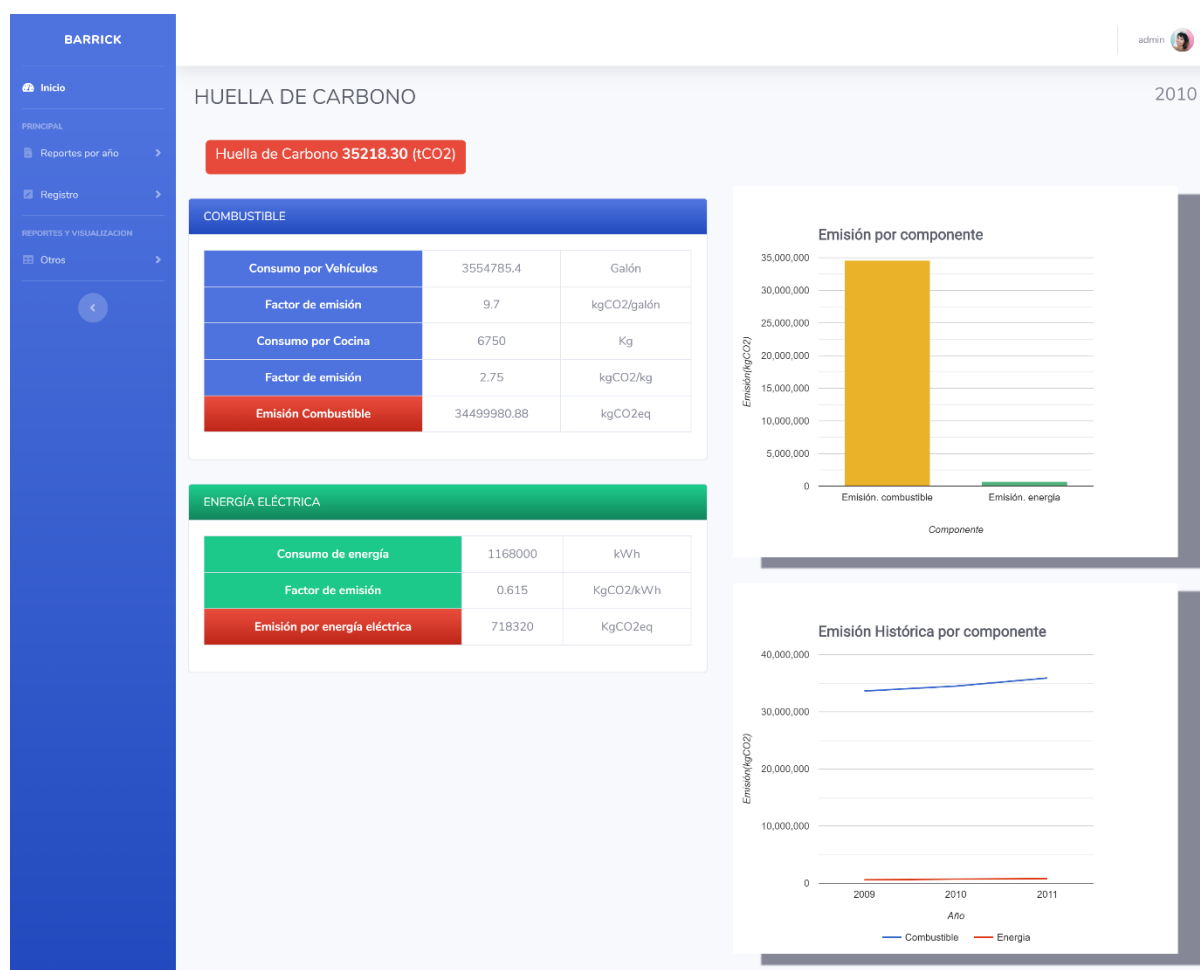


Figura 34. Reporte Huella de Carbono año 2010

Para el año 2010 se obtuvo 35218.30 tCO₂ como valor de Huella de Carbono. Se muestran los valores de las emisiones por componente, en el caso de combustible fue de 34499.98 tCO₂ y de energía eléctrica de 718.32 tCO₂. Respecto al año 2009, ambas emisiones fueron menores que en el año 2010, sin embargo, para el 2011 se incrementaron.

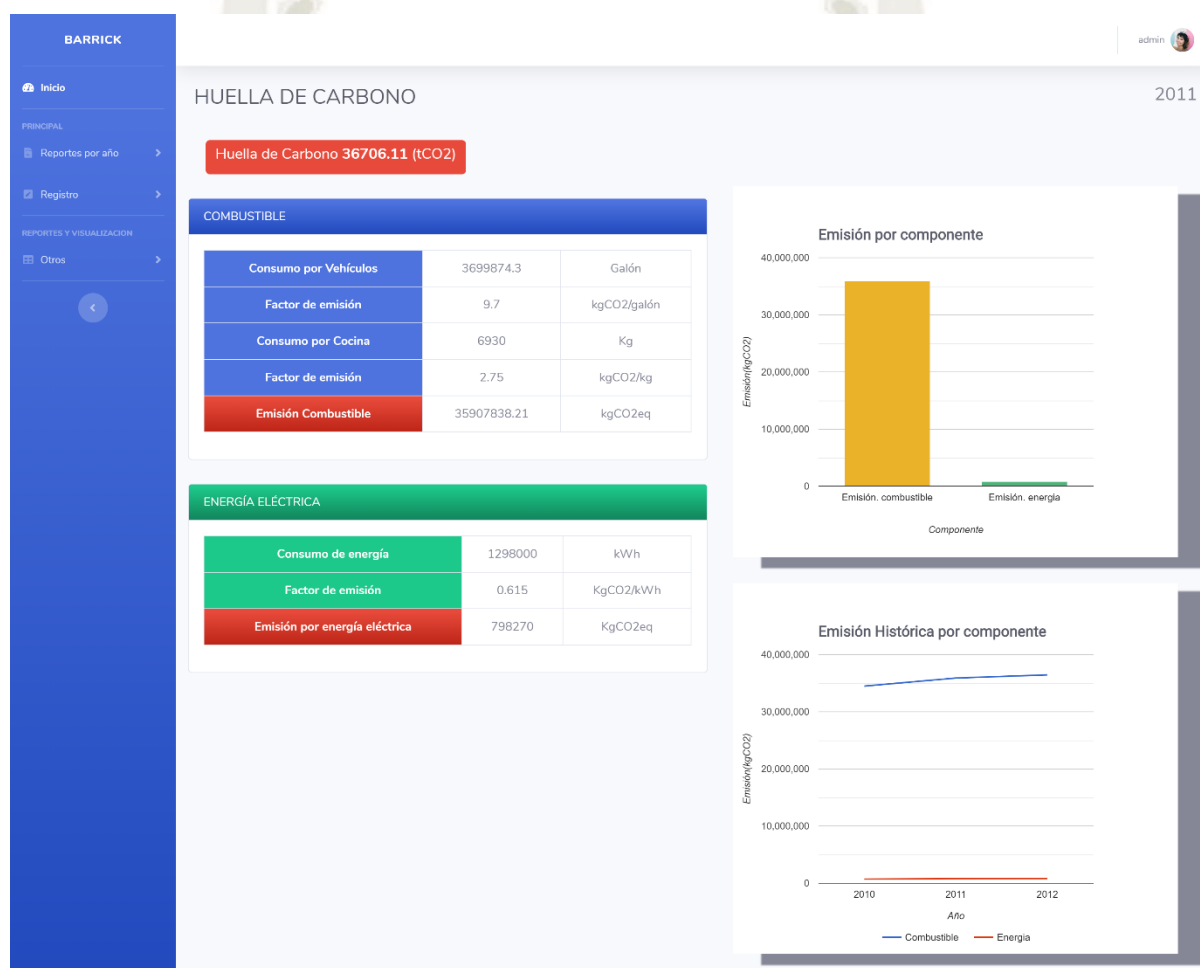


Figura 35. Reporte Huella de Carbono año 2011

Para el 2011, 36706.11 tCO₂ fue la Huella de Carbono obtenida. La emisión por consumo de combustible fue de 35907.84 tCO₂ y por consumo de energía eléctrica de 798.27 tCO₂. Comparando estos valores con los del año 2010, ambos se incrementaron, de igual manera para el año 2012 se nota un incremento.

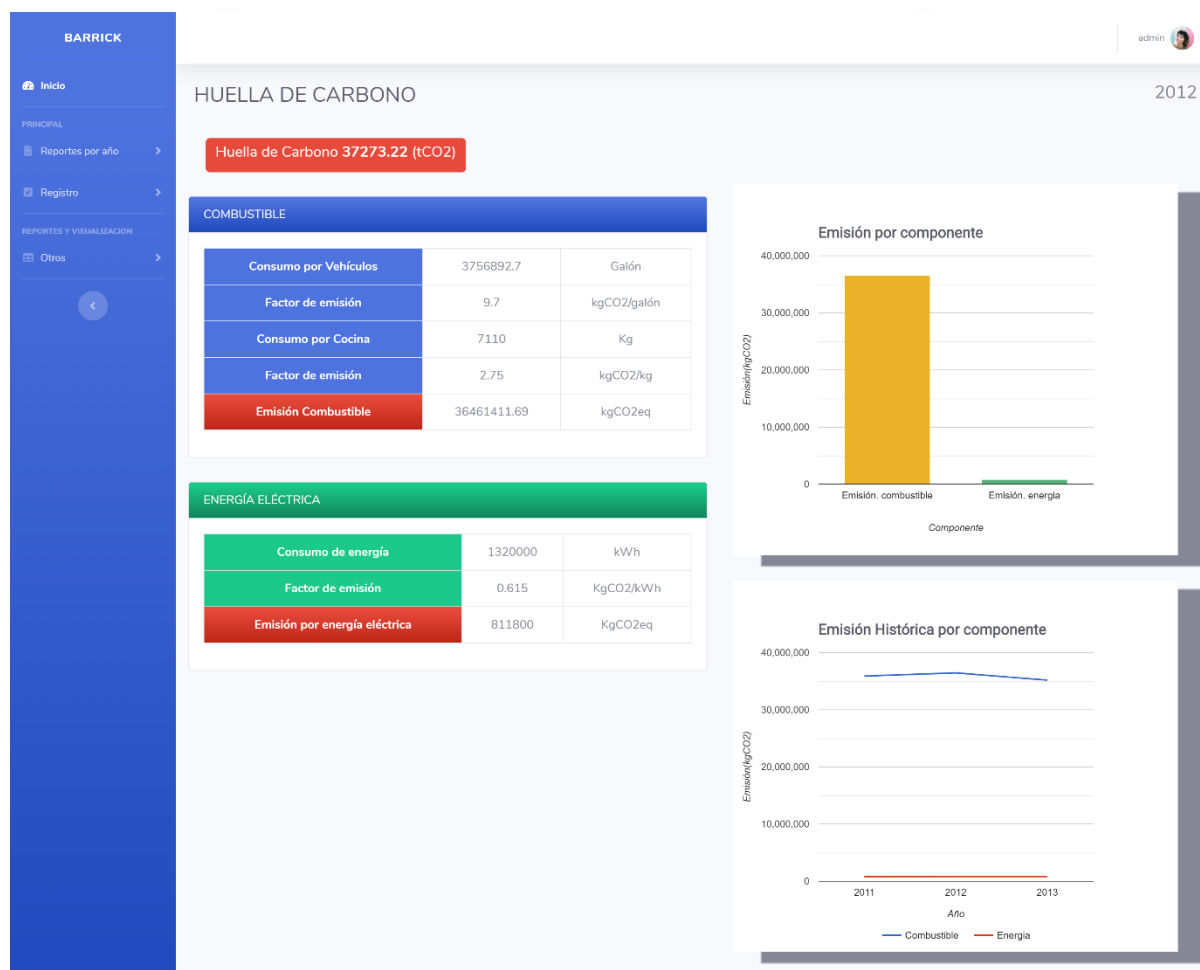


Figura 36. Reporte Huella de Carbono año 2012

En el caso del año 2012 se obtuvo para la Huella de Carbono un valor de 37273.22 tCO₂. Se muestra también que las emisiones por componente fueron de 36461.41 tCO₂ para combustible y de 811.80 tCO₂ para energía eléctrica. Las emisiones para el año 2012 fueron mayores que en los años 2011 y 2013, como se observa en el segundo gráfico.

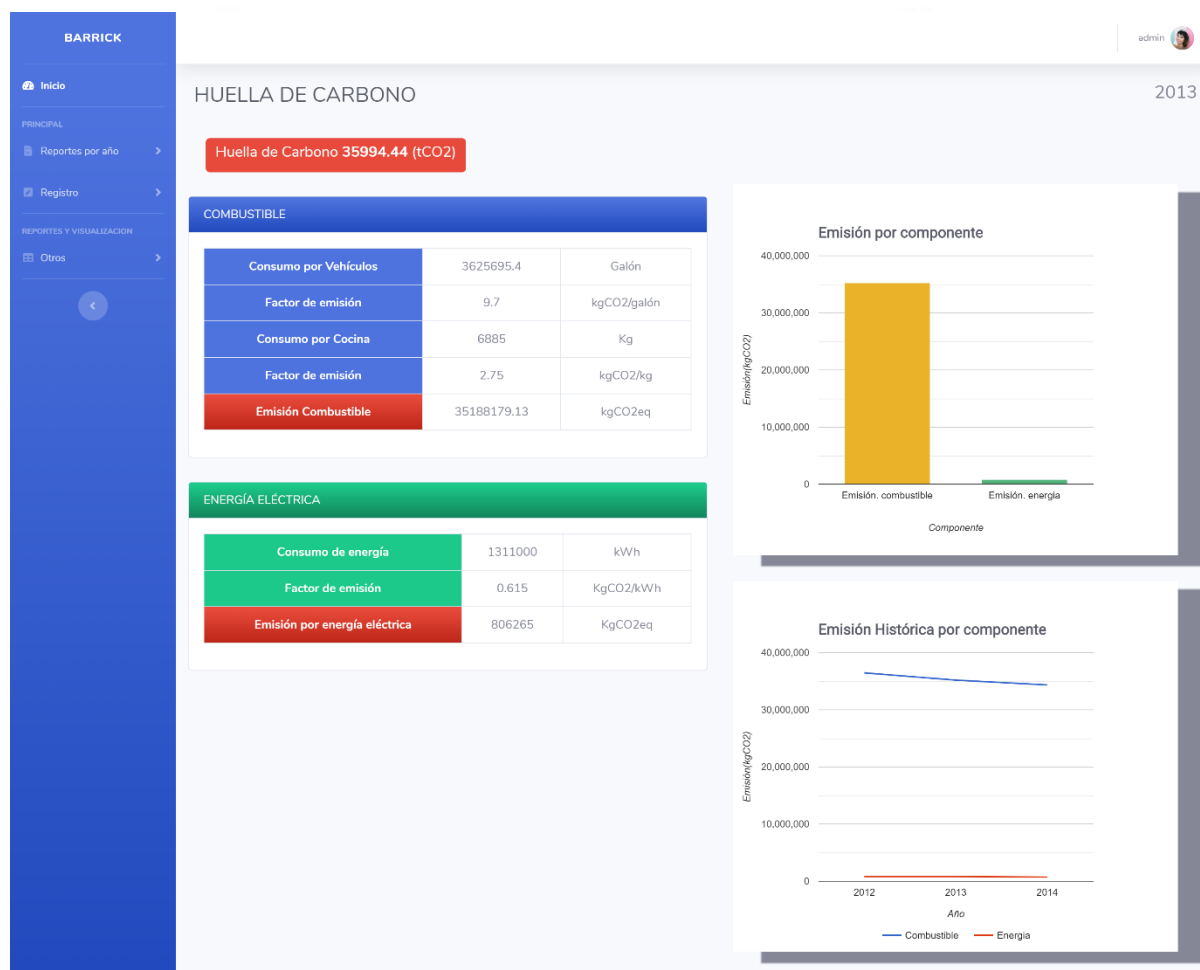


Figura 37. Reporte Huella de Carbono año 2013

En el año 2013 se obtuvo 35994.44 tCO₂ como valor de Huella de Carbono. En el primer gráfico se muestra las emisiones tanto para el componente combustible como energía eléctrica, las cuales fueron 35188.18 tCO₂ y 806.28 tCO₂ respectivamente. Y en el segundo gráfico se muestra la comparación de estas emisiones con el año anterior y siguiente, en donde se ve que del 2012 al 2013 disminuyeron para ambos componentes, y de igual manera del año 2013 al 2014.

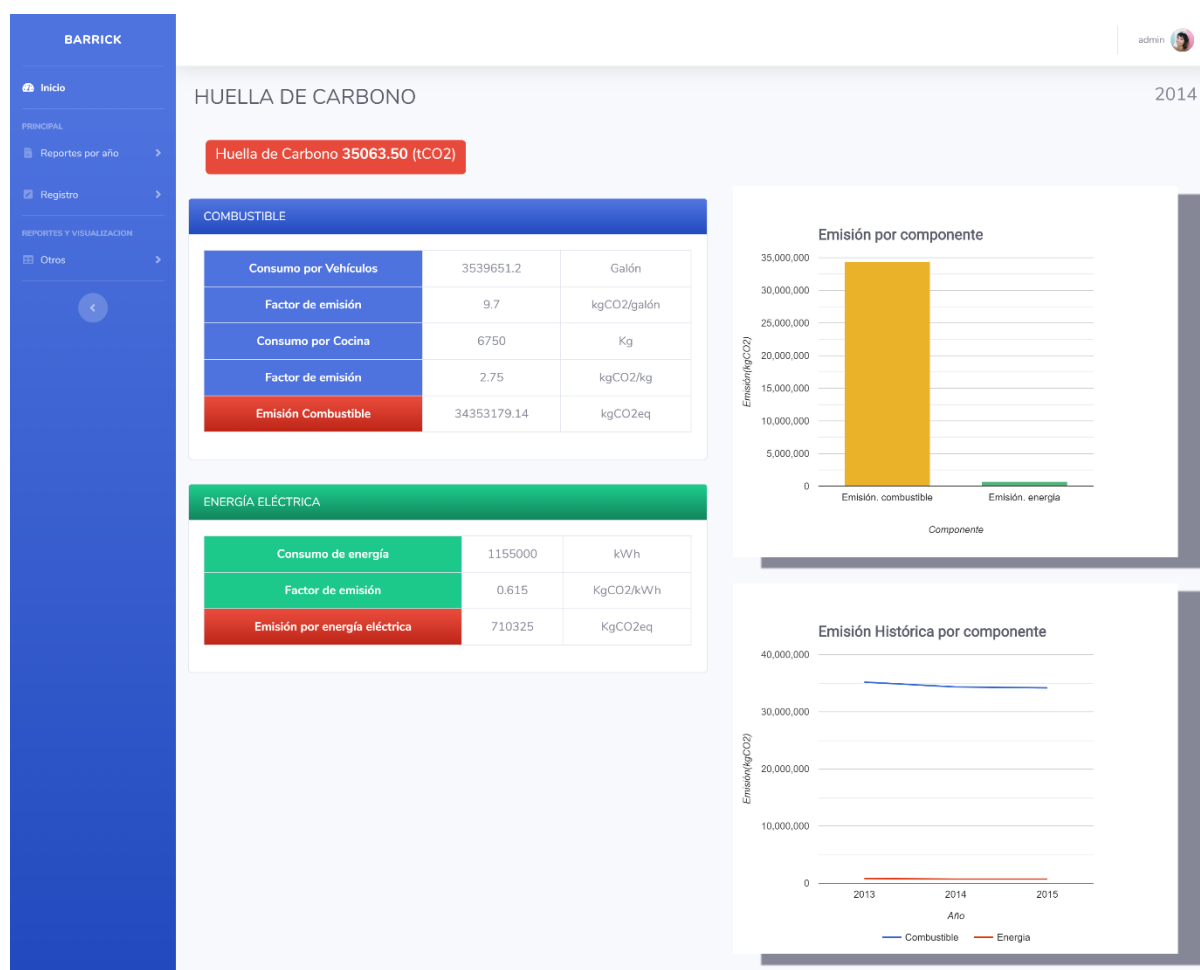


Figura 38. Reporte Huella de Carbono año 2014

Se obtuvo 35063.50 tCO₂ de Huella Hídrica para el año 2014. Se observa que la emisión mayor fue la relacionada con el componente combustible, con un valor de 34353.18 tCO₂ y la menor emisión fue la correspondiente a energía eléctrica, con 710.33 tCO₂. Estas emisiones disminuyeron a comparación del año 2013, sin embargo, con relación al año 2015, en el caso del componente combustible, disminuyó, pero en el caso de energía eléctrica, este se incrementó ligeramente.

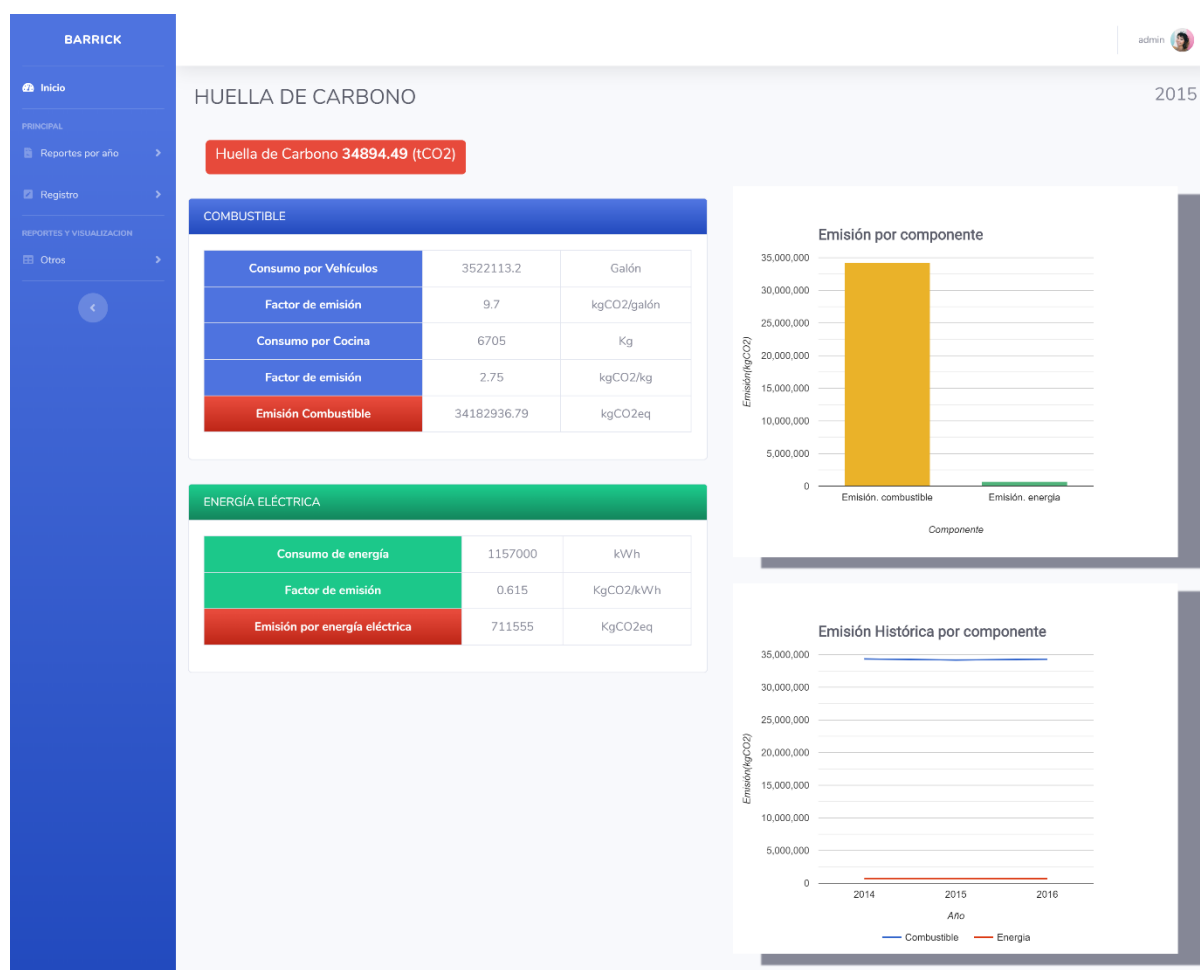


Figura 39. Reporte Huella de Carbono año 2015

En el año 2015 se obtuvo 34894.49 tCO₂ de Huella de Carbono. Se tiene los valores de emisión por componente combustible y componente energía eléctrica, los cuales fueron 34182.94 tCO₂ y 711.56 tCO₂ respectivamente. Haciendo la comparación con el año 2014, se observa que disminuyó el valor de emisión por combustible, pero se incrementó el de emisión por energía eléctrica para el 2015. Caso contrario, del año 2015 al 2016 se incrementó la emisión por combustible y disminuyó la emisión por energía eléctrica.

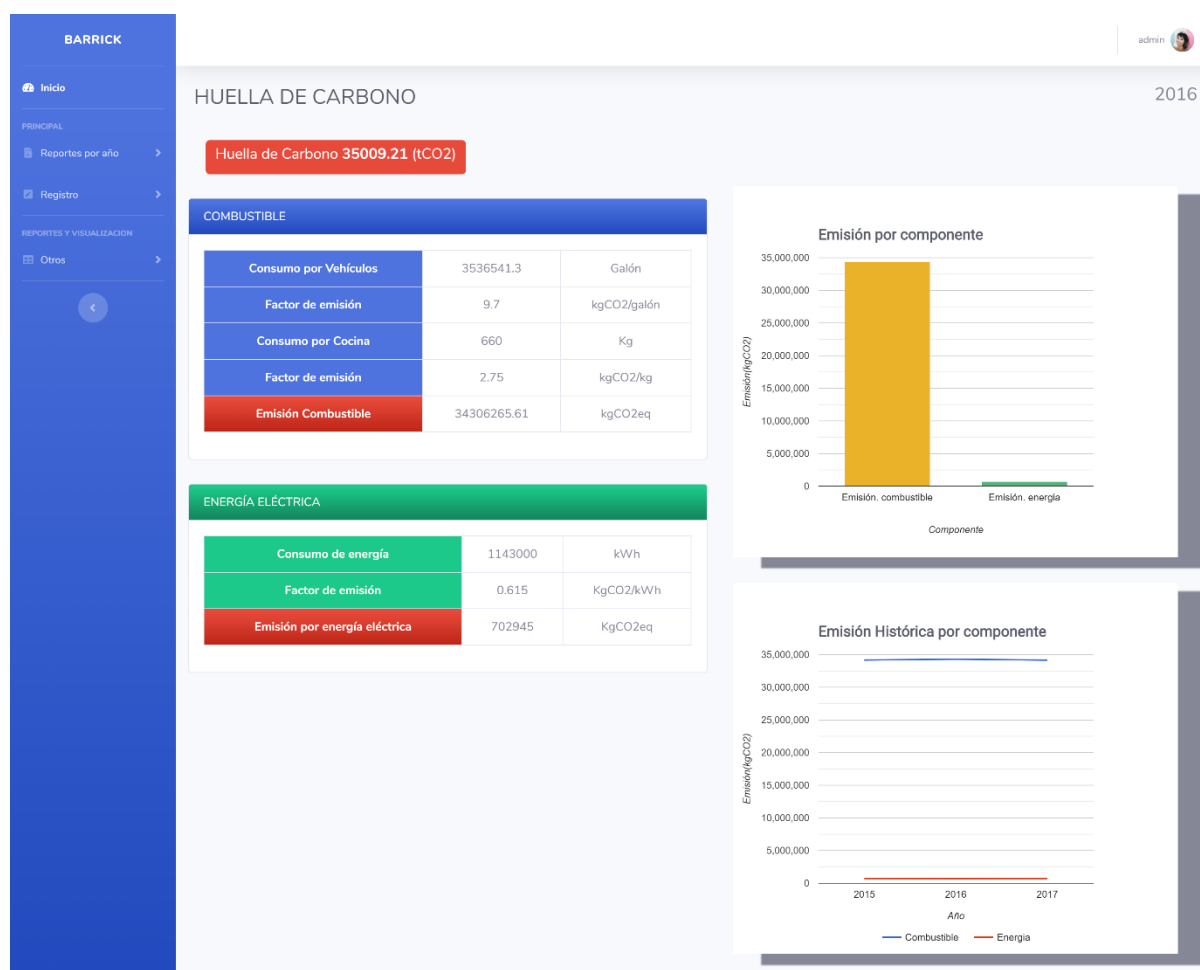


Figura 40. Reporte Huella de Carbono año 2016

Para el año 2016, el valor de Huella de Carbono obtenida fue de 35009.21 tCO₂. La emisión relacionada al consumo de combustible fue de 34306.37 tCO₂ y al consumo de energía eléctrica de 702.95 tCO₂. Respecto al año 2015, el valor de emisión por combustible incrementó para el 2016, sin embargo, la emisión por energía eléctrica disminuyó. Y para el año 2017, disminuyó la emisión por combustible e incrementó por energía eléctrica respecto al 2016.

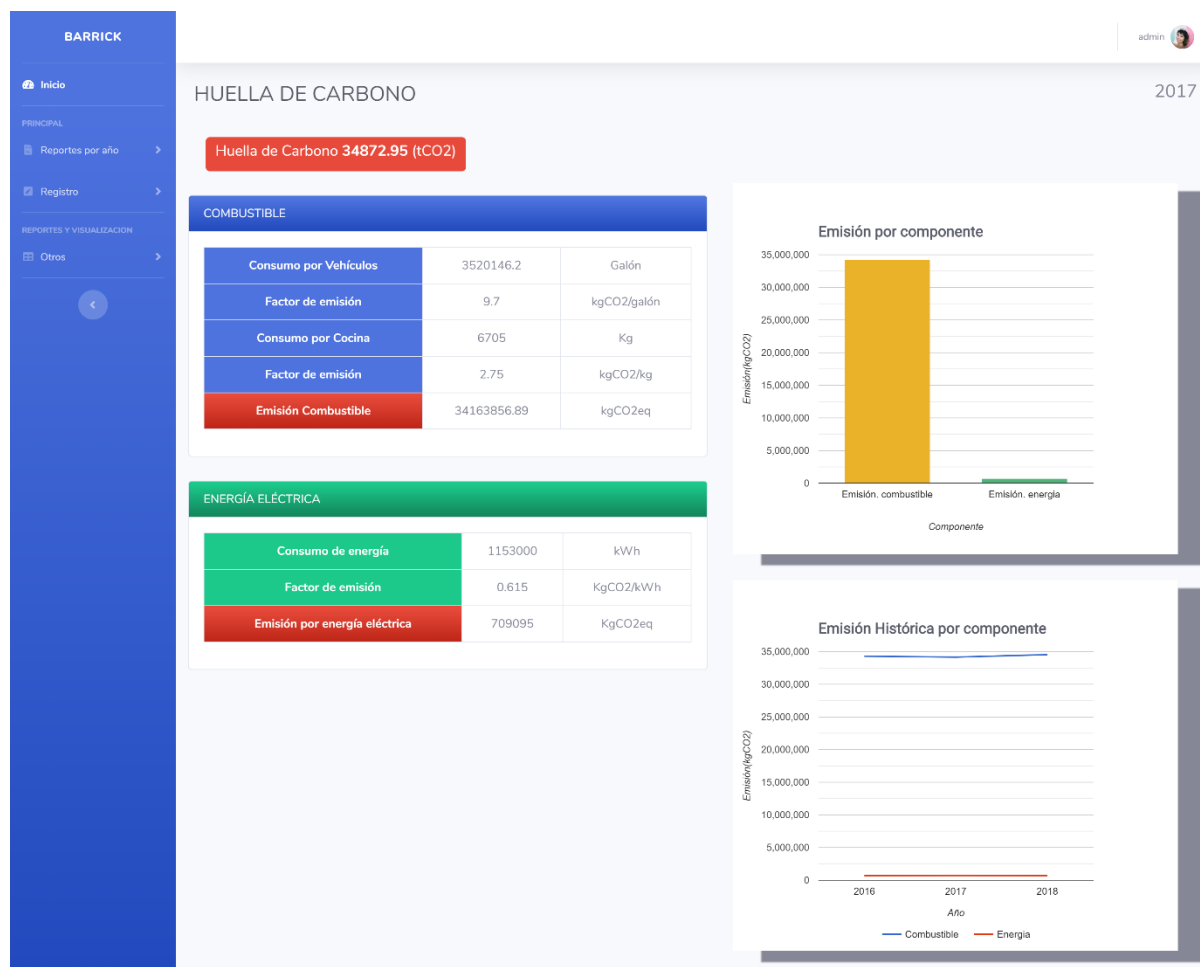


Figura 41. Reporte Huella de Carbono año 2017

En cuanto al año 2017, la Huella de Carbono fue de 34872.95 tCO₂. Se observa, en el primer gráfico, que el mayor aporte de emisión es por el componente combustible, con un valor de 34163.86 tCO₂ y en segundo lugar por el componente energía eléctrica con 709.10 tCO₂. Y, en el segundo gráfico, se muestra la comparación con las emisiones en el año 2016 y 2018: en cuanto al año 2016, la emisión por el componente combustible disminuyó para el año 2017, y por el contrario la emisión por el componente energía eléctrica se incrementó. Y, para el año 2018, incrementó la emisión por combustible y disminuyó la correspondiente a energía eléctrica.

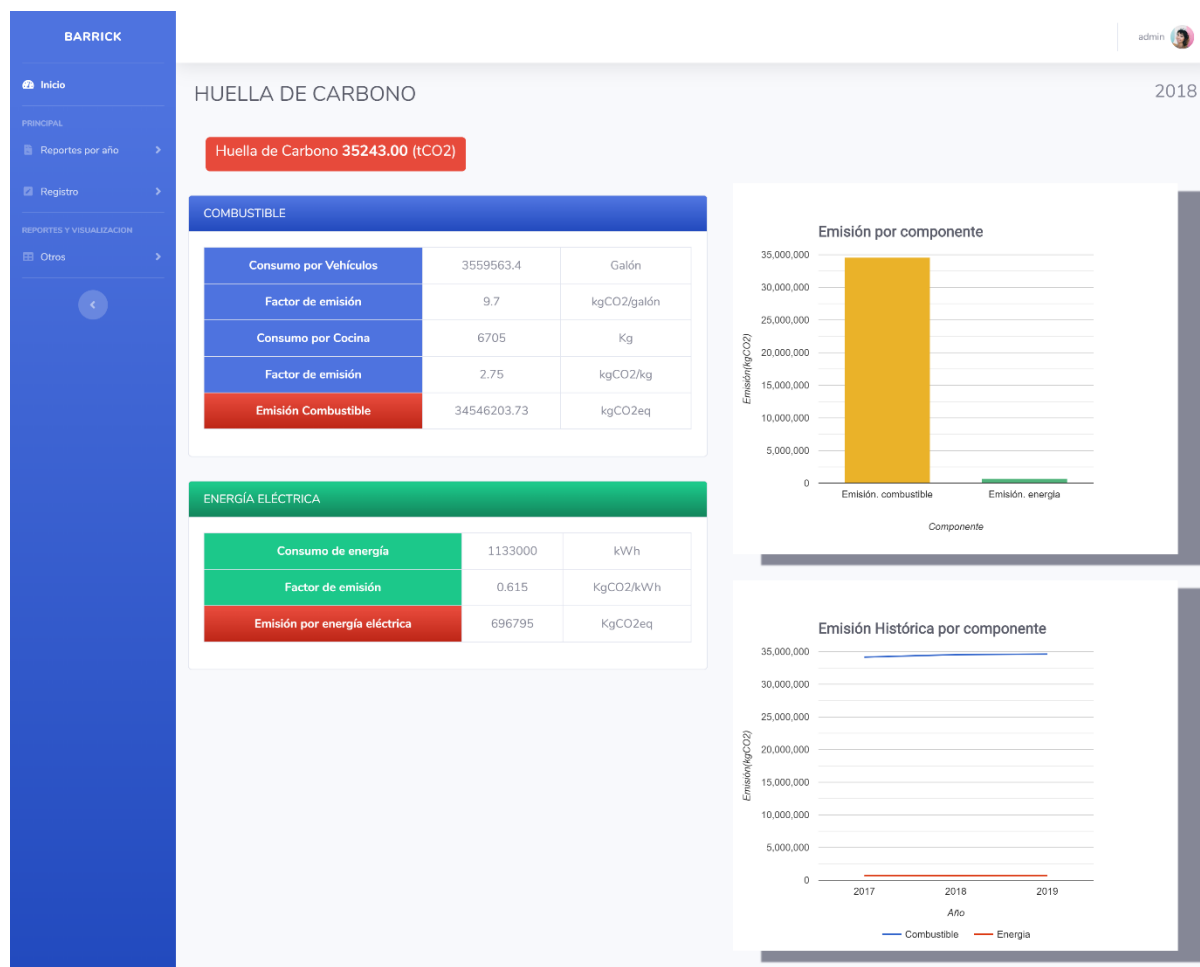


Figura 42. Reporte Huella de Carbono año 2018

La Huella de Carbono obtenida para el año 2018 fue de 35243.00 tCO₂. Se muestra las emisiones por el componente combustible y energía eléctrica, las cuales fueron 34546.20 tCO₂ y 696.80 tCO₂ respectivamente. Además, en el segundo gráfico se observa que, del año 2017 al 2018 se incrementó la emisión por consumo de combustible, pero disminuyó en el caso de emisión por consumo de energía eléctrica. Y, del año 2018 a 2019, se incrementaron ambas emisiones, tanto por combustible como energía eléctrica.

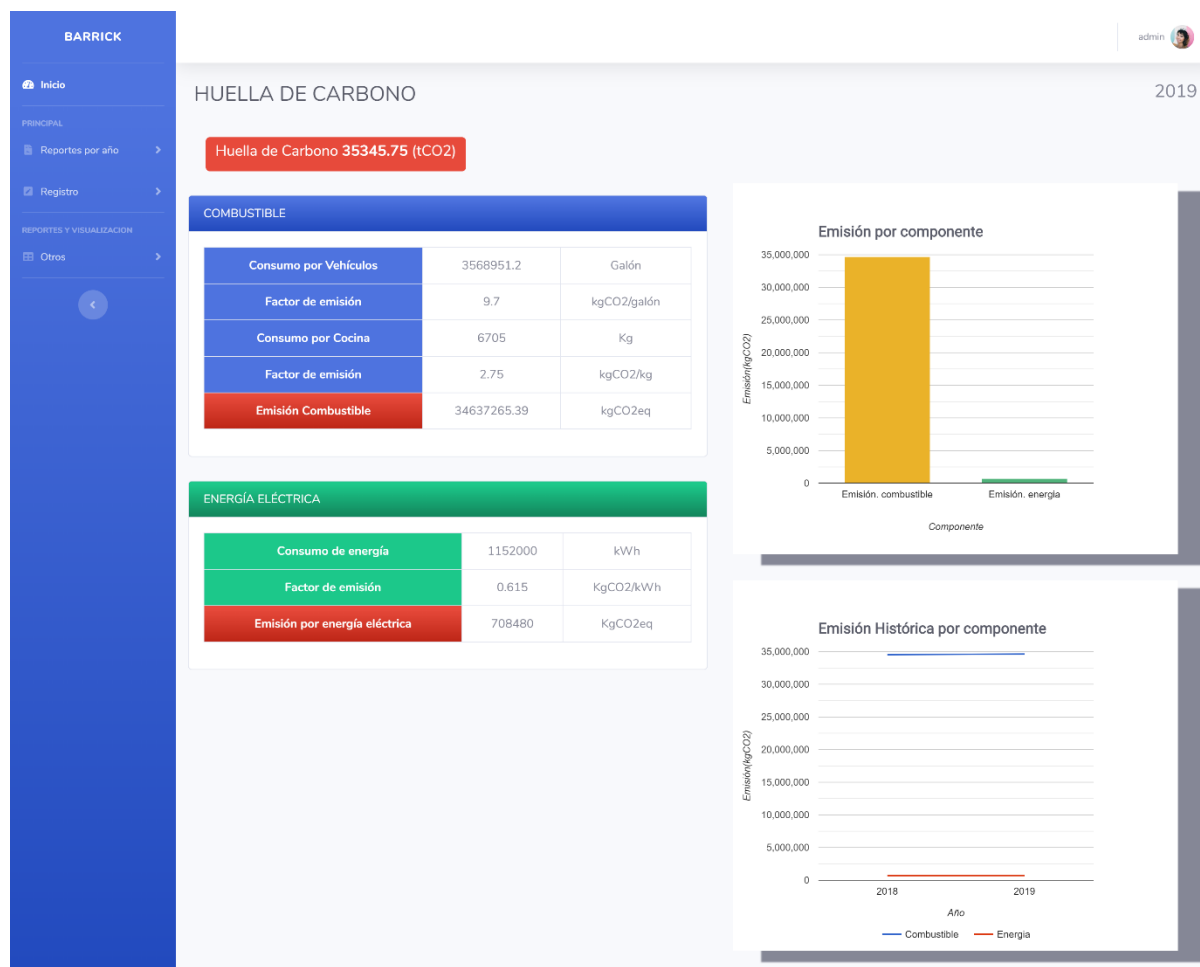


Figura 43. Reporte Huella de Carbono año 2019

En el caso del año 2019, se obtuvo 35345.75 tCO₂ de Huella de Carbono. En cuanto a las emisiones por componente fueron de 34637.27 tCO₂ y 708.48 tCO₂ para combustible y energía eléctrica respectivamente. En comparación al año 2018, las emisiones para el año 2019 fueron mayores.

4.3.3 Registro

El sistema ofrece la opción para ingresar datos de un nuevo año para calcular tanto la Huella Hídrica como Huella de Carbono para ese año y generar el reporte respectivo.

En ambos casos se tendrán formularios para ser llenados con los datos necesarios. Al costado de cada espacio para insertar data se observará un ícono de llamada, el cual, al ser presionado permitirá mostrar la descripción de ese campo, para que la persona responsable del ingreso de datos pueda conocer a qué se refiere dicho campo.

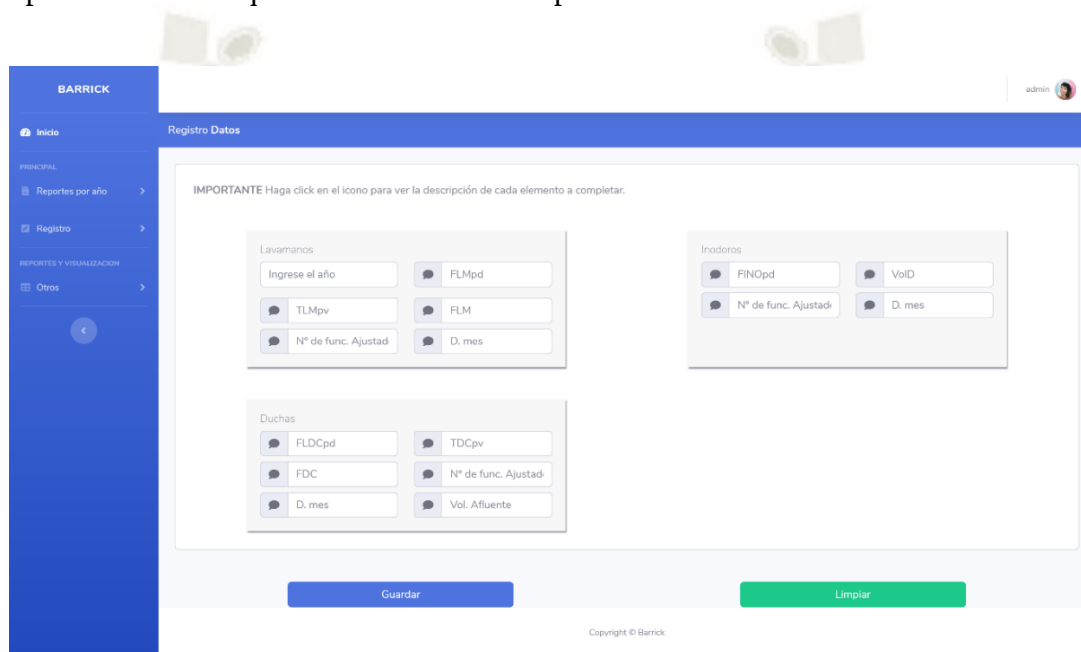


Figura 44. Plantilla para registro de datos Huella Hídrica

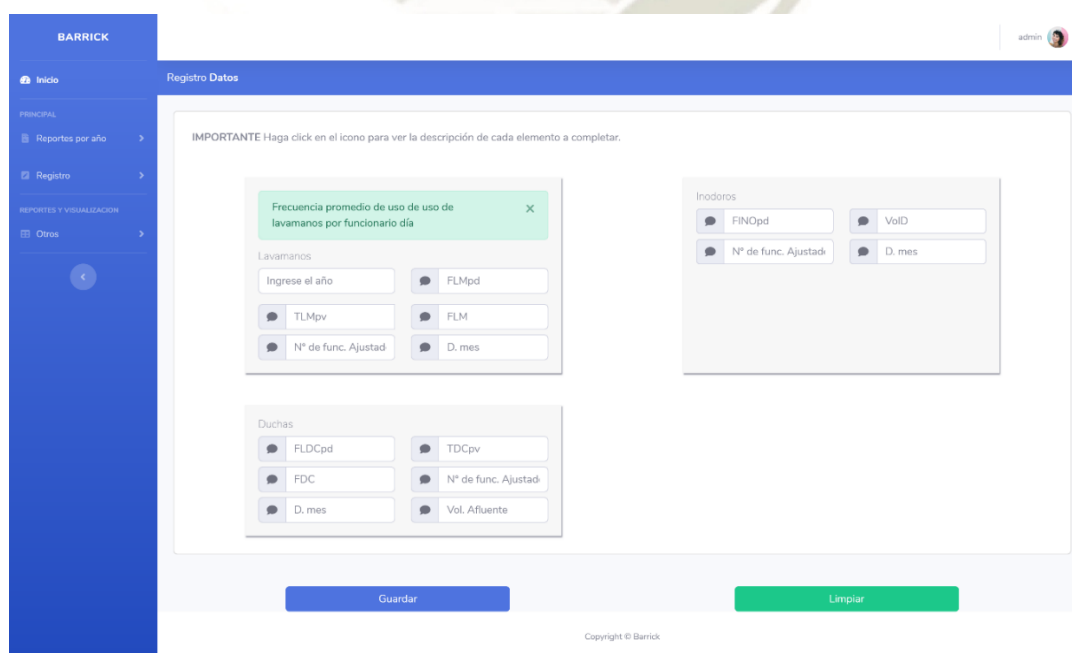


Figura 45. Plantilla para registro de datos Huella Hídrica con descripción de campo

En la Figura 41 se muestra la plantilla para ingresar los datos necesarios para el cálculo de Huella Hídrica. En cada rectángulo blanco se ingresará el valor respectivo al año del cual se realizará el cálculo. En la parte inferior se muestran las opciones “Guardar” y “Limpiar”: El primero se utilizará al finalizar el llenado de la plantilla y el segundo para borrar la data en caso de alguna equivocación o error. Cabe recordar que esta plantilla sólo podrá ser llenada por usuarios con cuenta tipo Administrador.

Además, en la Figura 42 se observa lo que sucede al presionar en el ícono de llamada del lado izquierdo de los campos a completar: Se muestra la descripción de dicho campo, haciendo más entendible y sencilla de utilizar por la persona o equipo encargado.

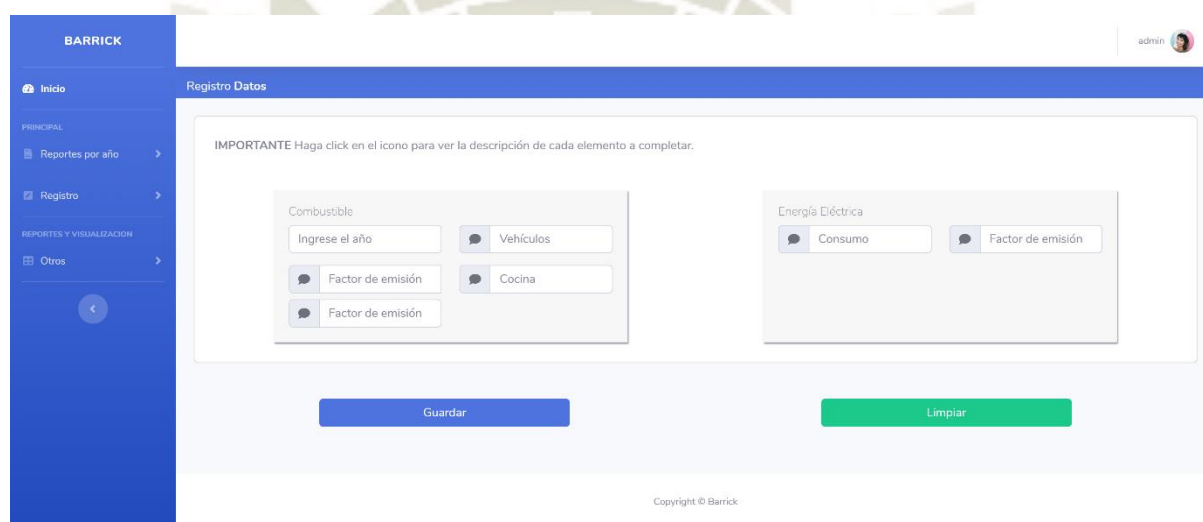


Figura 46. Plantilla para registro de datos Huella de Carbono

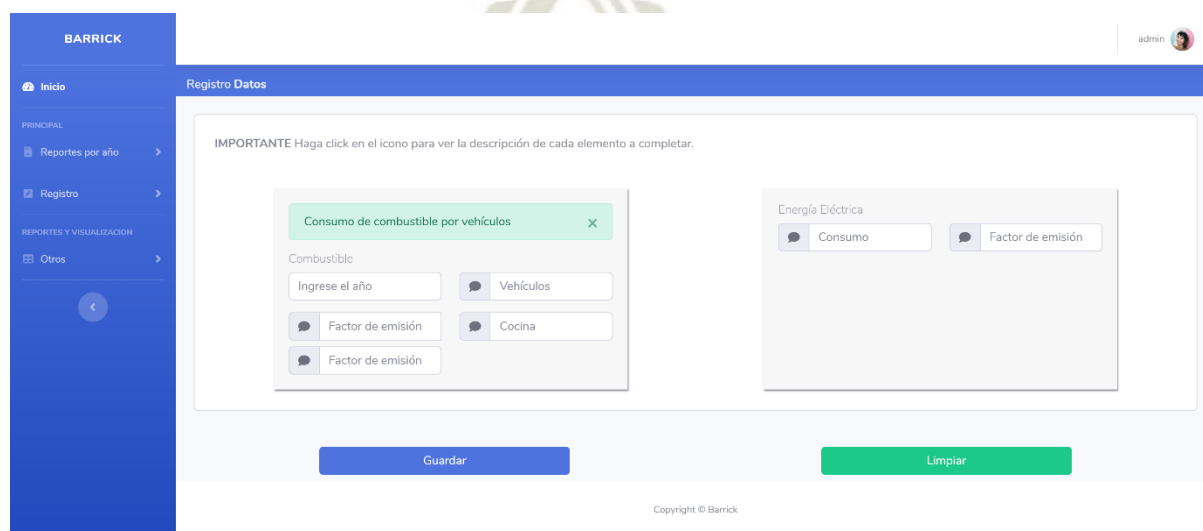


Figura 47. Plantilla para registro de datos Huella de Carbono con descripción de campo

De la misma manera que en el caso de Huella Hídrica, para la Huella de Carbono, se tiene una plantilla para ingresar los datos que se requieren para realizar el cálculo. Se tienen las opciones de “Guardar” y “Limpiar” para poder generar el reporte o borrar los datos ingresados, respectivamente.

También tiene la opción de los íconos de las llamadas para que se muestre la descripción de los campos a llenar.

Igualmente, este registro solo puede ser llenado por cuentas de tipo Administrador.

4.3.4 Histórico

En el apartado “Otros”, de igual manera se muestra la opción “Huella Hídrica” y “Huella de Carbono”. Aquí se podrá observar en cada caso 2 gráficos. El primero mostrará los valores ya sea de Huella Hídrica o Huella de Carbono sintetizados, para poder observar la evolución de estos desde el año 2004 en adelante. Y el segundo gráfico permite observar la tendencia estimada, de acuerdo al número de años que se requiera (máximo 15), de Huella Hídrica o Huella de Carbono, según sea el caso.

A. Huella Hídrica

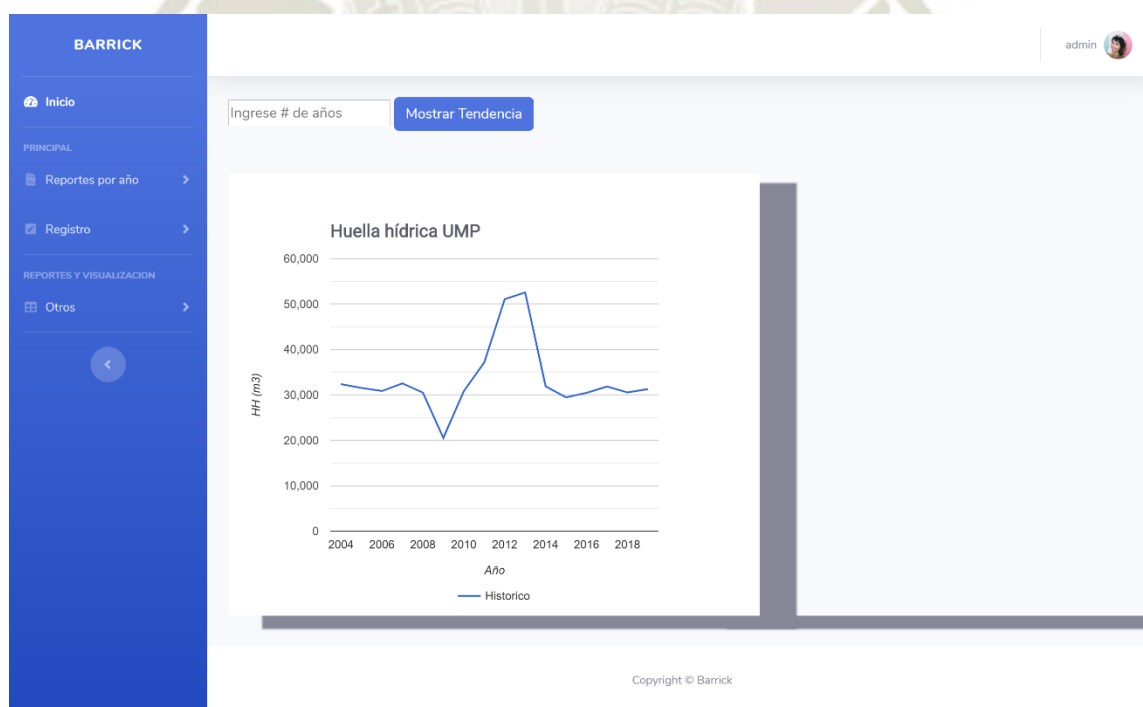


Figura 48. Huella Hídrica Histórica (2004-2019)

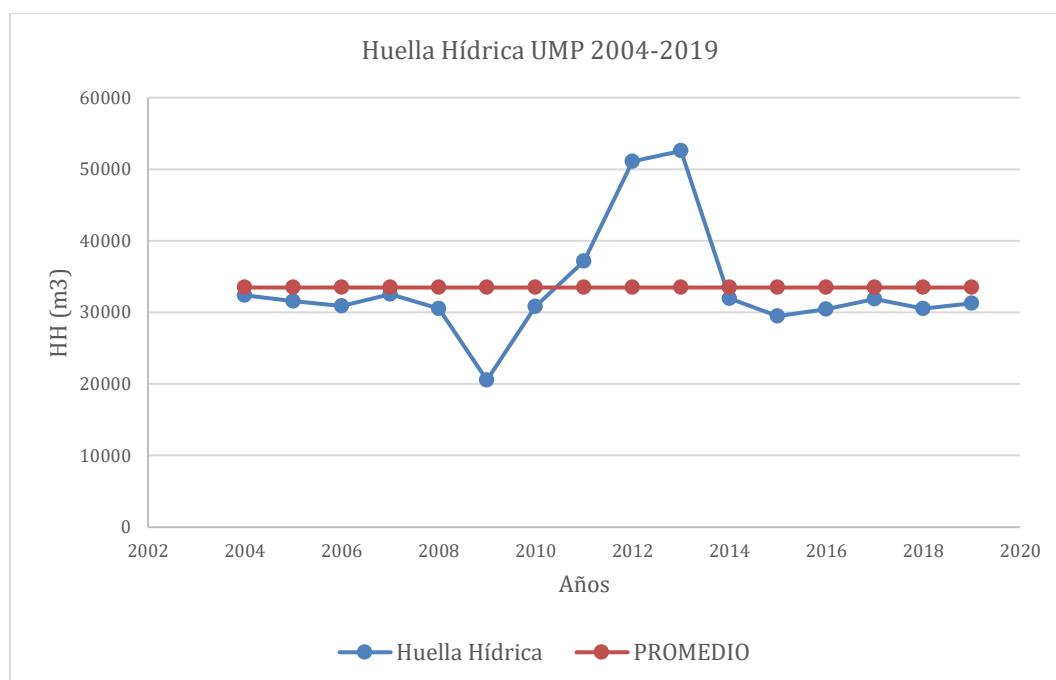


Figura 499. Gráfico Huella Hídrica Histórica (2004-2019)

Como se observa, el gráfico muestra los valores de Huella Hídrica obtenidos del año 2004 al 2019 sintetizados de manera que se pueda notar visualmente cómo fue la evolución de estos al pasar los años. Se nota cómo en el año 2009 el valor es inferior a los valores promedio, esto se debe a que en este año aconteció una huelga por parte de la población cercana contra la Unidad Minera y se interrumpieron los trabajos por 3 meses. Por el contrario, se observa que en los años 2011, 2012 y 2013, los valores son mayores al promedio, esto debido a que, desde mitad del año 2011 y los dos años siguientes se construyeron las nuevas plantas de tratamiento de agua, por lo cual incrementó el personal en la Unidad Minera. El valor promedio de Huella Hídrica en el periodo de estos 16 años fue de $33475.55 \text{ m}^3/\text{año}$.

B. Huella de Carbono

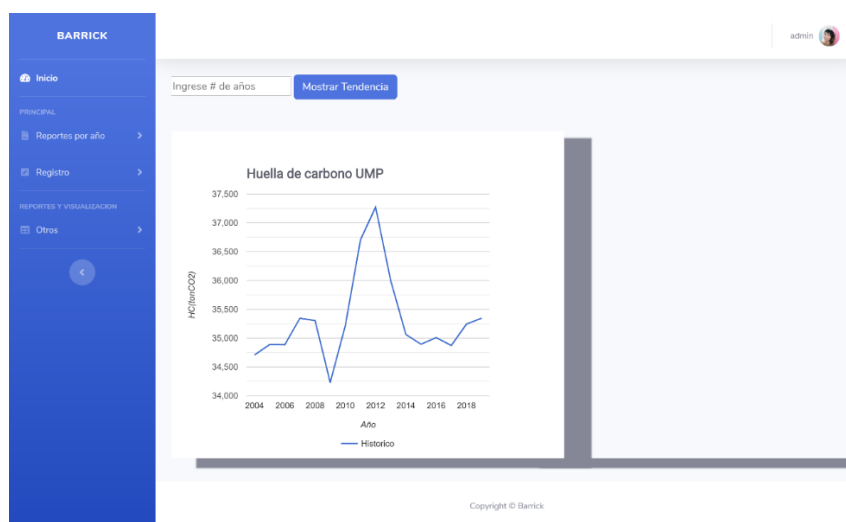


Figura 50. Huella de Carbono Histórica (2004-2019)

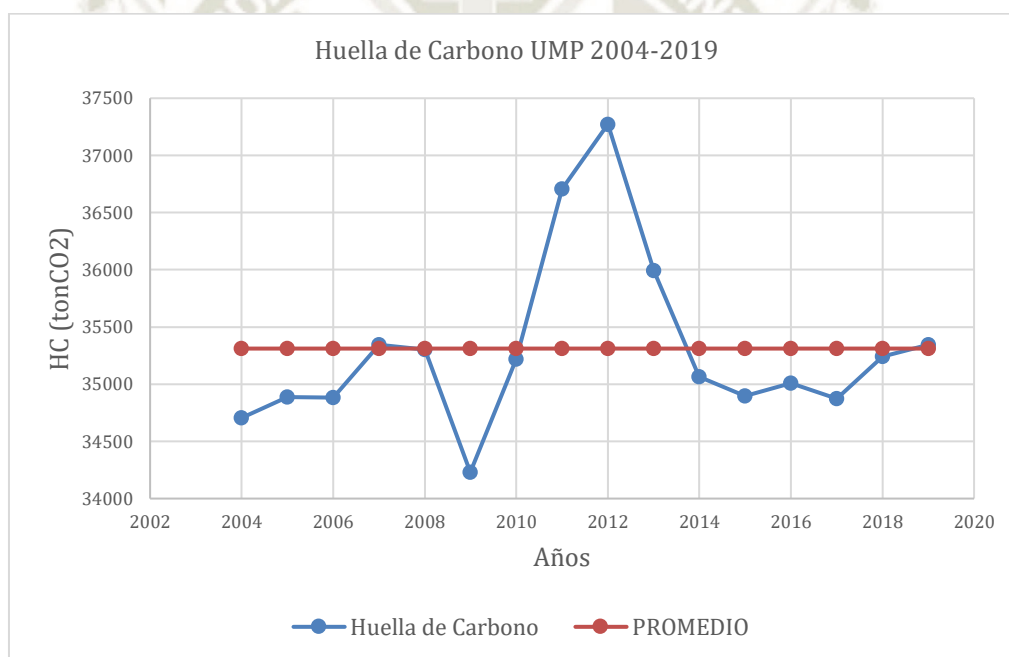


Figura 51. Gráfico Huella de Carbono Histórica (2004-2019)

De igual manera se observa el gráfico con los valores de Huella de Carbono obtenidos desde el año 2004 al 2019. Se tienen los mismos casos que en el gráfico de Huella Hídrica, el mínimo en el año 2009 debido a la huelga en ese año y máximos en el 2011, 2012 y 2013 por las construcciones realizadas en esos años. El valor promedio de Huella de Carbono en el periodo de estos 16 años fue de 35311.42 tCO₂.

Tabla 5. *Huella de Carbono y Huella Hídrica Per Cápita UMP*

Año	Huella de Carbono Per Cápita (tonCO ₂)	Huella Hídrica Per Cápita (m ³)
2004	100.60	93.89
2005	94.81	85.72
2006	117.06	103.60
2007	93.75	86.34
2008	96.99	83.84
2009	90.08	54.05
2010	129.48	113.37
2011	104.87	106.18
2012	76.85	105.30
2013	91.13	133.05
2014	92.27	83.97
2015	128.29	108.35
2016	100.03	87.06
2017	89.19	81.52
2018	97.09	84.17
2019	100.41	88.87

En la Tabla 4 se muestran los valores de Huella de Carbono y Huella Hídrica Per Cápita para los años 2004 al 2019. Se tiene como promedio, en cuanto a Huella de Carbono 100.18 tonCO₂ per cápita y en Huella Hídrica 93.71 m³ per cápita.

4.1.5 Tendencia

El sistema también permite observar la tendencia estimada futura tanto para Huella Hídrica como Huella de Carbono. Es posible elegir la cantidad de años de los que se quiere observar la tendencia. En la parte superior se encuentra el recuadro para ingresar la cantidad de años, para posteriormente presionar el botón “Mostrar Tendencia” y poder observar la tendencia según la cantidad de años señalada.

A. Huella Hídrica

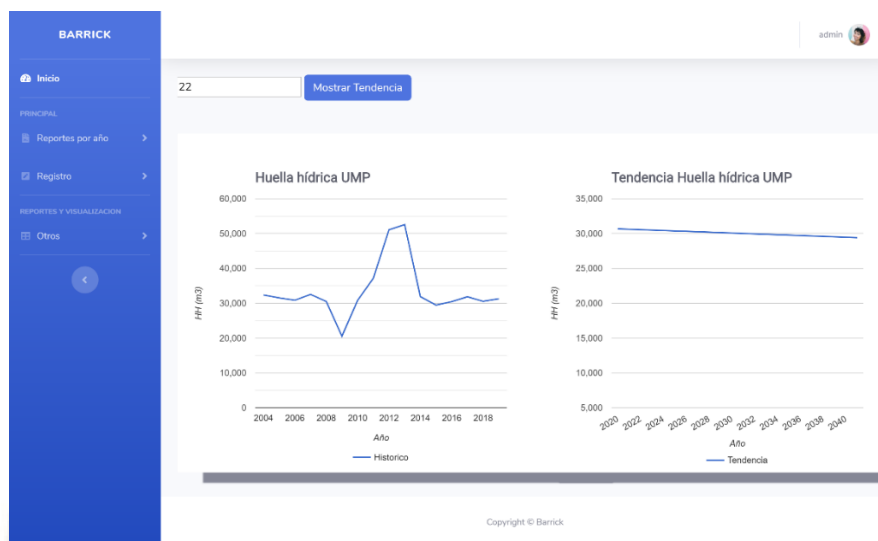


Figura 522. Tendencia Huella Hídrica (2020-2041)

Como se observa, se ingresó el número “22” en la cantidad de años a mostrar en la tendencia, es decir, desde el año 2020 hasta el 2041. Es así que aparece el gráfico del lado derecho, donde se observa que los valores estimados para la tendencia de Huella Hídrica están en un promedio de $30619.27 \text{ m}^3/\text{año}$.

B. Huella de Carbono

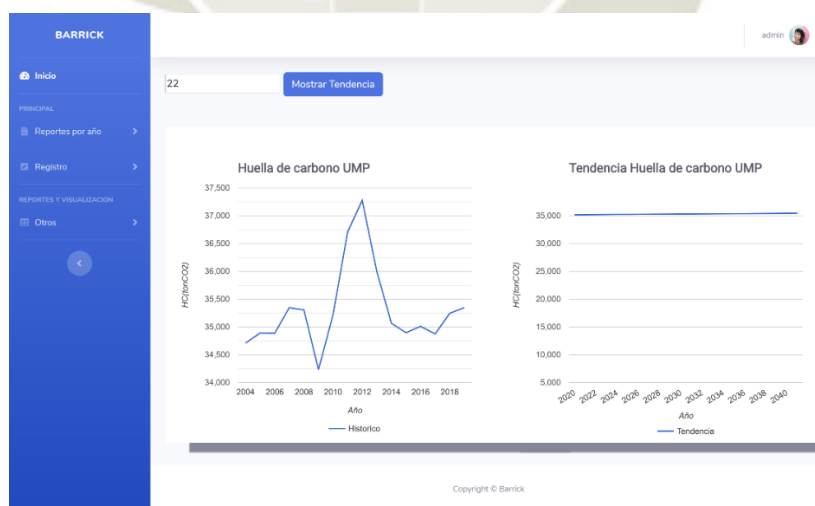


Figura 533. Tendencia Huella de Carbono (2020-2041)

De igual manera, para el caso de Huella de Carbono, se observa la tendencia estimada hasta el año 2041. En el gráfico del lado derecho se observa que, el valor promedio de esta es de 35150.84 tCO_2 .

4.4 Elaboración y propuesta de Plan de Mejora para el Área Administrativa

Plan de Mejora para la reducción de consumo de agua, combustible y energía eléctrica del Área Administrativa de la Unidad Minera Pierina

Luego de realizar los cálculos correspondientes para obtener la Huella Hídrica y Huella de Carbono de la UMP, se llegó a la conclusión que el área administrativa de esta, ocasiona impactos ambientales directos e indirectos.

Según el cálculo, el consumo más significativo en el caso del recurso agua, corresponde al uso de los inodoros, por otro lado, el valor de Huella de Carbono obtenida depende directamente del uso de combustible en vehículos livianos y el uso de aparatos electrónicos.

Para contrarrestar, prevenir y/o mitigar los posibles impactos potenciales se propone un Plan de Mejora, el cual contiene un conjunto de medidas aplicables al área de interés, estas se consideran para el recurso agua, combustible y electricidad.

I. Datos Generales de la Organización

La Minera Barrick Misquichilca S.A. es una empresa peruana respaldada por Barrick Gold Corporation que es una empresa con sede en Toronto, titular del Proyecto Pierina. Esta es una mina a tajo abierto e instalaciones de procesamiento metalúrgico enfocada en la extracción y recuperación del oro contenido en un yacimiento aurífero ubicado en el departamento de Ancash, distrito de Jangas. Se realizan operaciones convencionales usando camiones y cargadores para poder extraer el mineral. El oro se recupera a través del proceso de lixiviación en pilas con cianuro de sodio y el desmonte que se produce es trasladado por camiones y almacenado en un área que fue diseñada específicamente para ese fin. Se tienen instalaciones auxiliares para la operación donde se incluyen oficinas y edificios de administración, almacenes, laboratorios, talleres de mantenimiento, instalaciones para emergencias, suministro de agua, distribución de fuerza eléctrica, tanques de almacenamiento de reactivos y combustibles, caminos, estructuras de drenaje, instalaciones de tratamiento de aguas y áreas de almacenamiento de explosivos. Al final de las operaciones las instalaciones del proyecto a excepción del tajo abierto y algunas instalaciones destinadas para la protección ambiental continua, serán cerradas y rehabilitadas (Ameec Foster Wheeler S.A., 2016).

Consultar Anexo I.

II. Resumen Ejecutivo

El presente Plan de Mejora constituye un instrumento esencial para la gestión ambiental, el cual deberá ser cumplido acorde al cronograma propuesto. El PMA está compuesto por programas claramente estructurados, divididos de acuerdo a los recursos de interés, los cuales contienen propuestas de medidas a llevar a cabo en este caso, en el área administrativa de la UMP destinados a mitigar y/o prevenir los posibles impactos ambientales negativos potenciales producto de las actividades de esta área. Incluye además, una identificación y valoración de estos impactos, información que será útil para tomar decisiones y priorizar medidas a implementar de acuerdo a la severidad de los impactos evaluados.

La implementación del Plan de Mejora debe estar a cargo del Área de Medio Ambiente de la Unidad Minera, el personal del área es el responsable de asegurar y velar por el adecuado cumplimiento de las medidas consignadas en los programas que constituyen el PMA.

III. Responsabilidades

Se indican las responsabilidades de los líderes del área a cargo de la implementación del PMA:

3.1 Gerente del Área de Medio Ambiente

Tiene como responsabilidad registrar, verificar y documentar el cumplimiento de lo contenido en el Plan de Mejora, además es el responsable de evaluar en coordinación con el Supervisor del Área de Medio Ambiente los resultados que se obtengan, con el objetivo de lograr el cumplimiento del presente PMA.

Adicionalmente crear vías adecuadas de comunicación entre los integrantes del área y con las demás áreas para facilitar y lograr un compromiso real de ellas con el PMA.

3.2 Supervisor del Área de Medio Ambiente

Tiene la responsabilidad de asegurar la correcta ejecución de las medidas ambientales propuestas en el presente plan. Es el encargado de realizar el seguimiento directo del avance de la implementación de las medidas, así como registrarlo periódicamente.

Así también es el responsable de detectar carencias o dificultades en el proceso de implementación de las medidas, y crear espacios para proponer, conjuntamente alternativas de solución para contrarrestarlos.

IV. Marco Legal

Tabla 6. *Marco Legal Plan de Mejora*

Norma/Documento	Disposición
Constitución Política del Perú – 1993	La constitución en el artículo 2° señala que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. En el artículo 66° nos dice que los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la nación. Y en el artículo 67° el Estado determina la Política Nacional de Ambiente para así promover el uso sostenible de los recursos naturales.
Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente	Nos da los principios y normas para hacer efectivo el derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida. Y de igual forma ejercer el deber de colaborar en la gestión efectiva de los recursos y protección del ambiente, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y haya un desarrollo sostenible en el país.
Ley N° 27446 – Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental	Se crea el Sistema Nacional de Evaluación Ambiental (SEIA) para identificar, prevenir, supervisar, controlar y corregir anticipadamente cualquier impacto ambiental negativo que se

	derive de las actividades humanas en el proyecto de inversión.
Ley N° 26821 – Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos	El objetivo es promover y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos, ya sean: naturales, renovables y no renovables. Se establece un marco para fomentar la inversión, buscando el equilibrio entre el crecimiento económico, la conservación ambiental y el desarrollo de la población.
Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos	Se busca regular el aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos, los cuales son: Agua superficial, subterránea, continental y los bienes que estén asociados a esta (se incluye al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable)
Ley N° 27345 – Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía	Enfocada a promover la creación de una cultura orientada al empleado racional de los recursos energéticos para así poder impulsar un desarrollo sostenible donde haya un equilibrio en la protección y conservación del ambiente como en el desarrollo económico y social.
Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM – Política Nacional del Ambiente	Sirve como base y herramienta para la conservación del ambiente, donde se asegure el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que lo sustenta.
Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM – Aprueba el Plan Nacional de Acción	Este es un instrumento de planificación ambiental desarrollado a largo plazo, fue formulado luego de un diagnostico situacional ambiental y de la

Ambiental, PLANAA PERÚ: 20011-
2021

gestión de los recursos, así como también el potencial del país para el adecuado aprovechamiento sostenible de dichos recursos.

Decreto Supremo N° 004-2016-EM –
Aprueba medidas para el uso eficiente de
la energía

Busca el reemplazo de equipos electrónicos por otros más eficientes en cuanto al ahorro de energía. Se enfoca en el sector público, pero como Primera Disposición Complementaria nos dice “Reemplazo de equipos energéticos en personas jurídicas de derecho privado Las personas jurídicas de derecho privado, podrán acogerse a lo dispuesto en el presente Decreto Supremo.”

Decreto Supremo N° 086-2003-PCM –
Estrategia Nacional sobre Cambio
Climático

En uno de sus principios nacionales nos dice que el uso eficiente y racional de energía es estratégico para disponer de más recursos energéticos en el país y así lograr la competitividad en el marco mundial. Promover el empleo de Energías Renovables.

“GUÍA DE LA ETIQUETA DE
EFICIENCIA ENERGÉTICA” – Ley N°
27345 – Ley de Promoción del Uso
Eficiente de la Energía

Esta guía permite al consumidor elegir rápidamente que producto consume más o menos energía en comparación a otros. Las etiquetas van adheridas al producto donde se encuentra toda la información desde el punto de vista energético que necesita el consumidor al momento de tomar una decisión a la hora de comprar.

Guía de Ecoeficiencia para las empresas
– MINAM

Con esta Guía se busca que las empresas sean más competitivas con la implementación de una gestión ambiental dentro de los procesos productivos, administrativos y financieros. Así

también fomentar los beneficios del adecuado uso de los recursos naturales y energéticos.

Sistemas de Gestión de Medio Ambiente – Norma UNE - ISO 14001:2015

Ayuda a sistematizar los aspectos ambientales que se pueden generar durante el desarrollo de las actividades dentro de la organización / empresa. De igual forma busca la protección del ambiente y la prevención de la contaminación.

<https://www.aenor.com/certificacion/medio-ambiente/gestion-ambiental>

Gestión de la Energía – Norma UNE ISO 50001:2011

Se integra la Gestión de la Energía en todos los aspectos dentro de una empresa u organización. Esta norma toma en cuenta estándares desde la compra de energía y materias primas hasta las medidas que se pueden adoptar para promover el ahorro de energía.

<https://www.normas-iso.com/iso-50001/>

V. Objetivos y Metas Ambientales

5.1 Objetivo

- Establecer lineamientos ambientales para mitigar o controlar los impactos ambientales negativos que se producen en la UMP como consecuencia de las actividades realizadas en el área administrativa.

5.2 Metas

- Reducir en un 15% el consumo de agua en 2 años.
- Reducir en 10% el consumo de energía eléctrica en 2 años.
- Reducir en 10% el consumo de combustible en 2 años.

VI. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales

En cuanto a Impactos Ambientales, se realizó la identificación y evaluación de los correspondientes a los recursos de interés.

6.1 Metodología para la identificación y evaluación de Impactos Ambientales:

Identificación de Impactos: Se realizó la identificación con el método matricial, en el cual se cruzó la información previa obtenida, empleando las acciones del proyecto y los factores ambientales, se determinó la relación de los factores y los posibles impactos directos e indirectos.

Evaluación de Impactos: El método que se utilizó para la evaluación de impactos fue el de Criterios Relevantes Integrados, el cual está basado en un análisis multicriterio, que consiste en asignar valores a los impactos adversos relevantes.

Se realizó una matriz que da valoración de los impactos, donde se relaciona las actividades del proyecto con los indicadores, los cuales son: Intensidad, extensión, duración, reversibilidad e incidencia.

La escala considerada para la evaluación fue la siguiente:

Tabla 7. *Escala de Valoración de Parámetros*

PARÁMETRO	CRITERIO	ESCALA	VALOR
Intensidad (I)	Se refiere al grado con el que un impacto altera a un determinado elemento del ambiente por tanto está en relación con la fragilidad y sensibilidad de dicho elemento, puede ser alto, medio o bajo. El valor numérico de la intensidad varía	ALTO	7-9
		MEDIO	4-6
		BAJO	1-3

dependiendo del grado del cambio sufrido. Esta calificación de carácter subjetivo establece la predicción del cambio neto entre las condiciones, con y sin proyecto

Extensión (E)	Determina el área geográfica de influencia teórica que será afectada por un impacto en relación con el entorno del proyecto	Regional	10
		Local	5
		Puntual	2
Duración (D)	Se refiere al tiempo que supuestamente permanecerá el efecto, desde su aparición, y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales, previo a la acción de medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras. La duración es independiente de la reversibilidad	(>10 años) Largo	10
		(5-10 años) Mediano	5
		(0-5 años) Corto	2
Reversibilidad (R)	Es la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retomar a las condiciones iniciales previas a la intervención humana, una vez que aquella deja de actuar.	Irreversible Baja o irrecuperable	10
		El impacto puede ser recuperable a muy largo plazo (>30años)	9
		Parcialmente reversible (reversible a largo o mediano plazo)	5

		Reversible	Alta (reversible a corto plazo)	2
Incidencia (G)	Posibilidad real o potencial de que una determinada actividad produzca un impacto sobre un factor ambiental.		Alto	10
			Medio	5
			Bajo	2

Nota: Recopilado de Estudio de Impacto Ambiental Definitivo (EIAD) para la Construcción y Operación de la Subestación El Inga 500/230/138 kV. Greenleaf Ambiental Company Cia. Ltda. (2010)

Para hallar la magnitud se le dio pesos (W) a la Intensidad (0.40), a la Extensión (0.30) y a la Duración (0.20).

La fórmula aplicada fue:

$$MA=(I*WI)+(E*WE)+(D*WD)$$

Luego se calculó el VIA, para lo cual se le dio pesos a la Reversibilidad (0.3), a la Incidencia (0.3) y a la Magnitud (0.4). Y se aplicó la siguiente fórmula:

$$VIA=(RV*WRV)*(RG*WRG)*|M|*WM$$

Por último se realizó una matriz para poder establecer la severidad del impacto, utilizando la fórmula:

$$Severidad=M*VIA$$

Tabla 8. *Impactos según Severidad*

SEVERIDAD	ESCALA	DESCRIPCIÓN
Leve	0-5	Carencia de impacto o recuperación inmediata tras el cese de la acción. No necesita aplicar medidas mitigadoras.
Moderado	6-15	La recuperación de las condiciones iniciales requiere cierto tiempo. Aplicar medidas mitigadoras simples.
Severo	16-39	Para la recuperación de las condiciones requiere adecuación de prácticas específicas de mitigación. Requiere un tiempo dilatado.
Crítico	40-100	La magnitud es superior al umbral aceptable. Se produce pérdida permanente de la calidad del ambiente sin posibilidad de su recuperación, incluso con adopción de medidas mitigables
Representativo (positivo- beneficioso)	0-100	Impactos con carácter POSITIVO, no producen pérdidas sino beneficios

Nota: Recopilado de Estudio de Impacto Ambiental Definitivo (EIAD) para la Construcción y Operación de la Subestación El Inga 500/230/138 kV. Greenleaf Ambiental Company Cia. Ltda. (2010)

6.2 Identificación de Impactos Ambientales

Tabla 9. *Identificación de Impactos Ambientales*

Acciones Proyecto	Factores Ambientales	Físico						Social	
		Recursos	Agua	Aire	Suelo				
		Consumo	Hábitats	Calidad de agua	Calidad atmosférica	Ruido	Calidad de suelo	Económico	
Área Administrativa	Uso de lavamanos	a	b						a. Explotación de recursos
									a.1. Consumo de agua
	Uso de inodoros	a	b						a.2. Agotamiento de recursos
									b.1. Generación de efluentes
									b.2. Degradación de calidad ambiental
									a.1. Consumo de combustible y recursos
									a.2. Agotamiento de recursos

			b. Alteración de calidad de agua	b.1. Generación de efluentes b.2. Degradación de calidad ambiental
			a. Explotación de recursos	a.1. Consumo de combustible y recursos a.2. Agotamiento de recursos
Uso de duchas	a	b	b. Alteración de calidad de agua	b.1. Generación de efluentes b.2. Degradación de calidad ambiental
			a. Explotación de recursos	a.1. Consumo de energía a.2 Disminución de recurso para otros usos
Iluminación	a			
			a. Explotación de recursos	a.1. Consumo de energía a.2 Disminución de recurso para otros usos
Uso de equipos electrónicos	a			
			a. Explotación de recursos	a.1. Consumo de combustible y recursos a.2. Agotamiento de recursos
Uso de vehículos livianos	a	b	b. Contaminación atmosférica	b.1. Generación de gases contaminantes b.2 Generación de polvo

Actividad de cocina	a	b	a. Explotación de recursos	a.1. Consumo de combustible y recursos
			b. Contaminación atmosférica	a.2. Agotamiento de recursos
				b.1. Generación de vapores

Como se observa en la Tabla 4 todos los factores analizados producen un impacto ambiental relacionado con el consumo, y en algunos casos con calidad de agua y calidad atmosférica. Se identificaron impactos tanto directos como indirectos, en el caso de impactos directos tenemos la explotación de recursos, alteración de la calidad de agua y contaminación atmosférica. Y como impactos indirectos identificamos consumo de agua, agotamiento de recursos, generación de efluentes, degradación de la calidad ambiental, consumo de combustible y recursos, disminución de recurso para otros usos, generación de gases contaminantes, generación de polvo y vapores.

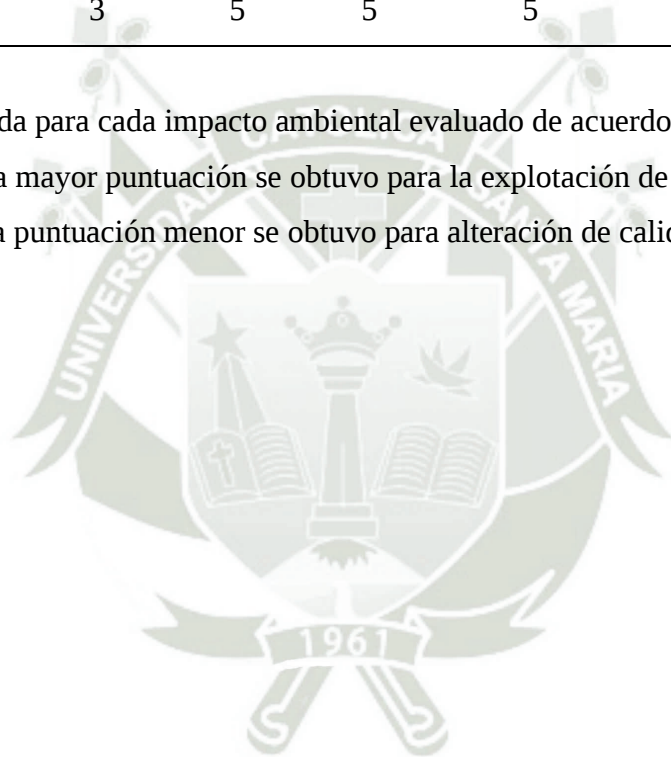
6.3 Evaluación de Impactos Ambientales

Tabla 10. *Evaluación de Impactos Ambientales*

	Intensidad	Extensión	Duración	Reversibilidad	Incidencia	Magnitud del impacto	VIA	Severidad
Explotación de recurso agua por uso de lavamanos	6	5	10	10	10	6.4	8.4	53.5
Alteración de calidad de agua por uso de lavamanos	5	5	5	5	5	5	5.0	25.0
Explotación de recurso agua por uso de inodoros	8	5	10	10	10	7.2	8.8	63.1
Alteración de calidad de agua por uso de inodoros	8	5	5	5	10	6.2	6.7	41.6
Explotación de recurso agua por uso de duchas	4	5	10	10	10	5.6	7.9	44.4
Alteración de calidad de agua por uso de duchas	3	5	5	5	5	4.2	4.7	19.6
Consumo de energía por iluminación	5	5	5	5	10	5	6.2	30.8
Consumo de energía por uso de equipos electrónicos	7	5	5	5	10	5.8	6.5	37.9

Consumo de combustible por uso de vehículos								
livianos	5	5	5	5	10	5	6.2	30.8
Consumo de combustible por actividad de								
cocina	3	5	5	5	5	4.2	4.7	19.6

En la Tabla 5 se muestra la puntuación obtenida para cada impacto ambiental evaluado de acuerdo a los parámetros y criterios establecidos por el método de Criterios Relevantes Integrados. La mayor puntuación se obtuvo para la explotación de recurso agua por uso de inodoros, es decir este impacto es el más crítico, y por el contrario, la puntuación menor se obtuvo para alteración de calidad de agua por el uso de duchas y consumo de combustible por actividad de cocina.



A continuación, se muestra la clasificación de cada impacto ambiental evaluado de acuerdo al puntaje obtenido:

Tabla 11. *Clasificación de Impactos Ambientales*

	Severidad	Clasificación
Explotación de recurso agua por uso de lavamanos	53.5	Crítico
Alteración de calidad de agua por uso de lavamanos	25.0	Severo
Explotación de recurso agua por uso de inodoros	63.1	Crítico
Alteración de calidad de agua por uso de inodoros	41.6	Crítico
Explotación de recurso agua por uso de duchas	44.4	Crítico
Alteración de calidad de agua por uso de duchas	19.6	Severo
Consumo de energía por iluminación	30.8	Severo
Consumo de energía por uso de equipos electrónicos	37.9	Severo
Consumo de combustible por uso de vehículos livianos	30.8	Severo
Consumo de combustible por actividad de cocina	19.6	Severo

La Tabla 6 nos muestra la clasificación resultante de la evaluación de los impactos, como se observa, todos los impactos son críticos o severos, de un total de 10 impactos evaluados, se obtuvieron 4 críticos: Explotación de recurso agua por uso de lavamanos, explotación de recurso agua por uso de inodoros, alteración de calidad de agua por uso de inodoros y explotación de recurso agua por uso de duchas. Y los 6 restantes corresponden a impactos severos. Es decir, se tiene un 40% de impactos críticos y 60% severos.

Los impactos críticos requieren de una atención prioritaria, ya que, de producirse, las consecuencias negativas serían de gran magnitud.

VII. Programas

7.1 Recurso Agua

La evaluación nos indica que el mayor impacto al recurso hídrico será por el uso de inodoros, seguidamente del uso de lavamanos y por último el uso de duchas. A continuación proponemos medidas para reducir los impactos.

Inodoros:

Implementar los tanques de los inodoros con botellas de 0.001 m³ de agua

El consumo normal de agua de los inodoros es de 0.006 m³ por descarga. Lo que proponemos es colocar una botella con agua de 0.001 m³ esto con el objetivo de que la botella ocupe un espacio dentro del tanque de descarga y así se reduce el volumen de agua que se almacena en este normalmente y la cantidad descargada será menor.

Lavamanos:

Implementar un Ahorrador RCMannesmann en los grifos de los lavamanos

Los trabajadores al utilizar los lavamanos no son conscientes de la cantidad de agua que consumen y es por esto que se da un gasto innecesario. Normalmente el consumo de agua promedio de los lavamanos es de 0.0015 m³ por cada uso, para reducir este volumen se propone añadir un Ahorrador RCMannesmann es cual permite un promedio de 60% de ahorro de agua ya que el chorro de agua es aireado por el mismo accesorio, es por esto que no hay necesidad de hacer cambios de infraestructura o implementar nuevos grifos, ya que este ahorrador se agrega al grifo que se tiene actualmente.

Duchas:

Cambiar los rociadores por unos Eco-Rociadores con un 30% de ahorro en consumo

Los trabajadores del área de Seguridad patrimonial son los que utilizan las duchas generalmente, ya que estos cuentan con un horario especial al de los otros trabajadores. Por cada uso se consume un promedio de 0.0015 m³ de agua por cada ducha. Se propone hacer un cambio de los rociadores comunes por unos Eco – Rociadores, los cuales permiten un ahorro de aproximadamente un 30% de agua por cada uso, esto debido a que el chorro de agua será aireado, es decir que se le agrega aire para obtener un caudal de agua óptimo y evitar gastos innecesarios.

7.1.1 Costos de implementación y comparación de consumos

a) Inodoros: Implementar los tanques de los inodoros con botellas de 0.001 m³ de agua.

A continuación se muestran costos de implementación al igual que una comparación entre los inodoros sin y con botellas.

Costo del accesorio:

Tabla 12. *Costo implementación de botellas con agua dentro del tanque*

Dispositivo	Precio Unitario (S/.)	Cantidad	Precio Total (S/.)
Botella 1 litro	0.50	58	29

El total de inodoros dentro del área administrativa del proyecto es de 58 y el precio de cada botella es de S/.0.50. La inversión total sería de S/.29.

Consumo:

Tabla 13. *Consumo de agua de inodoros normales y consumo de inodoros con implementación de botella dentro del tanque*

Dispositivo	Consumo por descarga (m ³ /descarga)	Consumo diario por trabajador (m ³ /día)	Consumo diario del total de trabajadores (m ³ /día)
Inodoro Normal	0.006	0.018	6.48
Inodoro con botella	0.005	0.015	5.4

Como podemos ver en la Tabla, el consumo por descarga de un inodoro normal es de 0.006 m³, si un trabajador lo usa en promedio 3 veces al día su consumo es de 0.018 m³ diarios y

entre los 209 trabajadores en promedio que hay el consumo sería de $6.48 \text{ m}^3/\text{día}$. En cambio si se implementa la botella dentro de los tanques el consumo se reduce en un litro, el consumo por trabajador al día sería de 0.015 m^3 y diariamente el total de trabajadores consumirían 5.4 m^3 .

Costos por consumo:

Tabla 14. *Costo por consumo inodoro normal e inodoro implementado con botella dentro del tanque*

Tipo de inodoro	Consumo mensual (m^3)	Consumo anual (m^3)	Costo por consumo mensual (S/.)	Costo por consumo anual (S/.)
Inodoro Normal	142.56	1710.72	347.28	4167.36
Inodoro con botella	118.8	1425.6	289.40	3472.8

El costo mensual por consumo del uso de inodoros normales es de S/.347.28 por 142.56 m^3 y anualmente sería de S/.4167.36. En cambio con la implementación de la botella dentro de los tanques el consumo mensual disminuye a 118.8 m^3 y el costo sería de S/.289.40 y al año S/.3472.8.

b) Lavamanos: Implementar un Ahorrador RCMannesmann en los grifos de los lavamanos.

A continuación se muestran costos de implementación al igual que una comparación entre los lavamanos con y sin el Ahorrador RCMannesmann.

Costo del accesorio:

Tabla 15. *Costo implementación de Ahorrador RCMannesmann*

Dispositivo	Precio Unitario (S/.)	Cantidad	Precio Total (S/.)
Ahorrador RCMannesmann	50	48	2400

El Ahorrador RCMannesmann es un dispositivo que tiene la función de airear el flujo de agua que pasa por el grifo del lavamanos, tiene un precio de S/. 50 y como se tienen 48 lavamanos la inversión será de S/2400.

Consumo:

Tabla 16. *Consumo de agua de lavamanos sin Ahorrador RCMannesmann y lavamanos con Ahorrador RCMannesmann*

Dispositivo	Consumo por uso (m ³ /uso)	Consumo diario por trabajador (m ³ /día)	Consumo diario del total de trabajadores (m ³ /día)
Lavamanos	0.0015	0.006	2.16
Lavamanos con Ahorrador RCMannesmann	0.0006	0.0024	0.864

Como podemos ver en la tabla el consumo diario por cada trabajador con el lavamanos sin el Ahorrador es de 0.006 m³ y el consumo diario de todos los trabajadores es de 2.16 m³. Implementando el Ahorrador hay una disminución del 60% aproximadamente del consumo por cada uso, cada trabajador consumiría diariamente 0.0024 m³ y el total de trabajadores consumiría 0.864 m³ al día.

Costos por consumo:

Tabla 17. *Costo por consumo lavamanos sin Ahorrador sin Ahorrador RCMannesmann y lavamanos con Ahorrador RCMannesmann*

Tipo de lavamanos	Consumo mensual (m ³)	Consumo anual (m ³)	Costo por consumo mensual (S/.)	Costo por consumo anual (S/.)
Lavamanos	47.52	570.24	117.40	1408.8
Lavamanos con Ahorrador RCMannesmann	19.008	228.096	47.94	575.28

El costo mensual por consumo del uso de lavamanos normales es de S/.117.40 por 47.52 m³ y anualmente sería de S/.1408.8. En cambio con la implementación de Lavamanos con Ahorrador RCMannesmann el consumo mensual disminuye a 19.008 m³ y el costo sería de S/.47.94 y al año S/.575.28.

c) Duchas: Cambiar los rociadores por unos Eco-Rociadores con un 30% de ahorro en consumo.

A continuación se muestran costos de implementación al igual que una comparación entre las duchas con y sin los Eco – Rociadores.

Costo del accesorio:

Tabla 18. *Costo implementación de Eco-Rociadores*

Dispositivo	Precio Unitario (S/.)	Cantidad	Precio Total (S/.)
Eco-Rociador	41.90	30	1257

El Eco-rociador es un dispositivo que tiene la función de airear el flujo de agua, tiene un precio de S/. 41.90 y como se tienen 30 duchas la inversión será de S/.1257.

Consumo:

Tabla 19. *Consumo de agua de Ducha sin Eco-Rociador y Ducha con Eco-Rociador*

Dispositivo	Consumo por uso (m ³ /uso)	Consumo diario por trabajador (m ³ /día)	Consumo diario del total de trabajadores (m ³ /día)
Ducha	0.0015	0.003	0.18
Ducha con Eco-Rociador	0.00105	0.0021	0.126

Como podemos ver en la tabla el consumo diario por cada trabajador con la ducha con el rociador normal es de 0.003 m³ y el consumo diario de todos los trabajadores es de 0.18 m³. Implementando el Eco-Rociador hay una disminución del 30% aproximadamente del consumo por cada uso, cada trabajador consumiría diariamente 0.0021 m³ y el total de trabajadores consumiría 0.126 m³ al día.

Costos por consumo:

Tabla 20. *Costo por consumo Ducha sin Eco-Rociador y Ducha con Eco-Rociador*

Tipo de ducha	Consumo mensual (m ³)	Consumo anual (m ³)	Costo por consumo mensual (S/.)	Costo por consumo anual (S/.)
Ducha	3.96	47.52	11.29	135.48
Ducha con Eco-Rociador	2.772	33.264	8.39	100.68

El costo mensual por consumo del uso de duchas normales es de S/.11.29 por 3.96 m³ y anualmente sería de S/.135.48. En cambio con la implementación de ducha con Eco-Rociador el consumo mensual disminuye a 2.772 m³ y el costo sería de S/.8.39 y al año S/.100.68.

7.2 Recurso Electricidad

Según la evaluación realizada, el mayor impacto ambiental se daría por el uso de aparatos electrónicos, seguido por la energía consumida por iluminación. Se proponen medidas para disminuir ambos consumos.

Aparatos electrónicos

Incluir un dispositivo “Regleta inteligente” en cada oficina en la que se utilicen computadoras.

El consumo de energía eléctrica debido al uso de aparatos electrónicos, está principalmente dado por las computadoras. En las oficinas, las computadoras muy rara vez se apagan, en horas o espacios en que no están siendo utilizadas permanecen en estado inactivo, incluso durante la noche, lo cual ocasiona un consumo innecesario. Una regleta inteligente detecta el bajo consumo que tienen los aparatos electrónicos conectados a él, en este caso computadoras, en modo inactivo o stand-by y los desconecta de la red. Al encenderlos nuevamente, se detecta el consumo y se enciende automáticamente. Con esto se elimina el consumo que generan estos cuando no están siendo utilizados.

Iluminación

Reemplazar iluminación con fluorescentes por iluminación LED con sensor de presencia y movimiento

El principal problema es el tiempo innecesario que los focos permanecen encendidos en las oficinas cuando no hay personal en ellas. Muchas veces esto ocurre por descuido u olvido de los trabajadores.

Este tipo de dispositivos de iluminación, son capaces de detectar la presencia y movimiento dentro del área en los que son colocados, es así que se mantienen encendidos cuando se detecta movimiento en el área, y se apagan cuando no lo hay. Esto significa que, al no haber personal en la oficina, se eliminará el consumo indebido de electricidad por iluminación.

7.2.1 Costos de implementación y comparación de consumos

a) Aparatos electrónicos: Incluir un dispositivo “Regleta inteligente” en cada oficina en la que se utilicen computadoras.

Costo del dispositivo:

Tabla 21. *Costo Regleta Inteligente*

Dispositivo	Precio Unitario (S/.)	Cantidad	Precio Total (S/.)
Regleta inteligente con 8 tomas	130	46	5960

En el área administrativa de la Unidad Minera se tienen 46 oficinas que incluyen computadoras, es por esto que se considera una regleta inteligente con 8 tomas para cada una, sumando un total de S/. 5960.

Consumo:

Tabla 22. *Consumo sin/con Regleta Inteligente*

Dispositivo	Consumo en uso (Wh)	Tiempo por día (h)	Consumo stand by (Wh)	Tiempo por día (h)	Consumo (Wh/d)
Computadora	200	10	8	14	388608
Computadora con regleta inteligente	200	10	8	0	368000

Se muestra una comparación de los consumos con y sin la implementación de la regleta inteligente. El consumo promedio de una computadora en uso es de 200 Wh, mientras que en estado stand by de 8 Wh. Se considera un uso promedio de 10 horas por computadora, y las 14 horas restantes del día en stand by. Es así que en el caso de computadoras sin la regleta inteligente se calcula un consumo promedio de 388608 Wh por día, mientras que con el uso de

la regleta se suprimen las 14 horas de stand by y resulta un consumo de 368000 Wh por día, habiendo así una diferencia de 20608 Wh por día.

Costos por consumo:

Tabla 23. *Costo por consumo sin/con Regleta Inteligente*

Dispositivo	Consumo mensual (KWh)	Consumo anual (KWh)	Costo por consumo mensual (S/.)	Costo por consumo anual (S/.)
Computadora	12046.85	144562.20	6746.23	80954.76
Computadora con regleta inteligente	11408	136896	6388.48	76661.76

En cuanto a costos por consumo, este es de aproximadamente S/. 0.56 por KWh. Es así que, con el uso de la regleta inteligente se tendrá un ahorro de S/. 357.75 por mes, resultando un ahorro aproximado de S/. 4293 anual.

b) Iluminación: Reemplazar iluminación con fluorescentes por iluminación LED con sensor de presencia y movimiento

Costo de dispositivos:

Tabla 24. *Costo dispositivos de iluminación*

Tipo de iluminación	Precio Unitario (S/.)	Cantidad	Precio Total (S/.)
Fluorescente tipo rejilla	90	162	14580
Iluminación LED con sensor	80	162	12960

Se muestra una comparación entre costos de los distintos tipos de dispositivos de iluminación, para el actual (fluorescente tipo rejilla con tres tubos) se tiene una cantidad de 162 dispositivos, con un costo de S/. 14580.

Para el caso de iluminación LED con sensor propuesta, se cotiza un costo total de S/. 12960.

Consumo:

Tabla 25. Consumo dispositivos de iluminación

Tipo de iluminación	Eficiencia (Lm/W)	Potencia (W)	Tiempo por día (h)	Consumo (Wh/d)
Fluorescente tipo rejilla	70	80	12	155520
Iluminación LED con sensor	140	18	10	29160

En lo que respecta a eficiencia, se observa que el tipo de iluminación utilizado actualmente es la mitad del propuesto. De igual forma, la potencia es mucho mayor en el caso de la iluminación fluorescente (80 W) que la iluminación LED (18 W), lo cual significa un menor consumo para este último.

Se considera un uso de 12 horas al día de la iluminación fluorescente, debido a que estos permanecen encendidos durante toda la jornada de trabajo (7 a.m. – 7 p.m.), para el caso de la iluminación con sensor, se considera únicamente 10 horas diarias, calculando un promedio de 2 horas en las cuales no se utilizan las oficinas.

Así, se tiene un valor de 155520 Wh/d con la iluminación actual, mientras que con la propuesta, se tendrá un consumo de 29160 Wh/d.

Costos por consumo:

Tabla 26. *Costo por consumo dispositivos de iluminación*

Tipo de iluminación	Consumo mensual (KWh)	Consumo anual (KWh)	Costo por consumo mensual (S/.)	Costo por consumo anual (S/.)
Fluorescente tipo rejilla	4821.12	57853.44	2699.83	32397.96
Iluminación LED con sensor	903.96	10847.52	506.22	6074.64

En la Tabla 21 se muestra la comparación de los costos por consumo para ambos casos. Se calcula un ahorro aproximado de S/. 2193.61 mensuales con el uso de iluminación LED con sensor, dando un total de S/. 26323.32 de ahorro anual.

7.3 Recurso Combustible

La evaluación previamente realizada nos indica que el consumo de combustible genera impactos severos, siendo el de mayor puntuación el debido al uso de vehículos livianos, seguido por el correspondiente a la actividad de cocina. De igual manera, se proponen medidas para disminuir ambos consumos.

Vehículos Livianos

Capacitación a conductores en “eco conducción” y seguimiento con incentivos

Los consumos de combustible están directamente relacionados a la forma de manejo de los conductores, las malas conductas en la conducción generan consumos excesivos de diésel en los vehículos livianos utilizados en la Unidad Minera.

La eco conducción se refiere a una forma de manejo que contribuye a un menor consumo de combustible, y pretende lograr un manejo más eficiente.

En la preparación previa a la concesión del permiso interno de manejo, incluir capacitación en eco conducción, así también brindarla periódicamente para los conductores autorizados actualmente, además, realizar seguimiento de los consumos de combustible de cada una de las unidades y brindar reconocimiento a los conductores eficientes. **Consultar Anexo IV.**

Actividades de Cocina

Capacitación a encargados de cocina y programa de mantenimiento

El consumo de combustible (GLP) en la cocina, a pesar de no representar el mayor porcentaje, contribuye a la emisión de gases a la atmósfera. Existen estrategias para optimizar el uso de combustible en las actividades de cocina, se propone hacerlas de conocimiento al personal encargado de esta actividad. Esto mediante charlas informativas periódicas.

Adicionalmente se propone programar mantenimientos preventivos, en los cuales se revise el estado de los artefactos utilizados, verificando principalmente que no existan fugas de gas en alguno de ellos o deterioro que pueda llevar a una.

7.3.1 Costos de implementación y comparación de consumos

a) Vehículos livianos: Capacitación a conductores en “eco conducción” y seguimiento con incentivos

Tabla 27. *Capacitaciones en eco conducción*

Capacitación en inducción previa	1° Módulo “Introducción, conceptos básicos” (25 minutos)
	2° Módulo “Lineamientos generales, prácticas de eco conducción (45 minutos)
	3° Módulo “Conducción e impactos ambientales” (30 minutos)
	4° Evaluación (15 minutos)
Capacitación para conductores autorizados (Trimestral)	1° Módulo “Prácticas de eco conducción” (40 minutos)
	2° Módulo “Beneficios ambientales” (20 minutos)
	3° Evaluación (15 minutos)

Se propone, para el caso de la inducción previa a la concesión del permiso interno de manejo, una capacitación de 3 módulos, con los temas señalados en la tabla y una evaluación final para verificar la comprensión y retención de la información brindada, la cual será promediada con

las demás calificaciones obtenidas en las evaluaciones de inducción, para conceder o denegar el permiso de manejo.

Para los conductores autorizados, se propone capacitaciones trimestrales, de 2 módulos y una evaluación, estos módulos variarán de una capacitación a otra, es decir, se incluirá distinta información de un trimestre a otro, de manera que se vaya incrementando constantemente la información de los conductores.

En cuanto al seguimiento, se plantea realizar un ranking semestral de consumos de combustible por kilómetro recorrido por cada unidad vehicular, y dar un reconocimiento al o los conductores responsables de dicho vehículo. Además, el área encargada programará un comité en el cual los conductores premiados del semestre podrán exponer y compartir sus experiencias y/o consejos para contribuir a una conducción más eficiente.

Costos por consumo:

Tabla 28. *Costo por consumo de combustible por conducción convencional y eco conducción*

Tipo de Conducción	Consumo mensual (gal)	Consumo anual (gal)	Costo por consumo mensual (S/.)	Costo por consumo anual (S/.)
Convencional	297058.64	3564703.65	3739968.25	44879618.95
Eco conducción	267352.77	3208233.29	3365971.42	40391657.06

Como se observa en la tabla, el costo por consumo anual en conducción convencional es de S/. 44879618.92 y aplicando la eco conducción sería de S/.40391657.06, lo cual significa un ahorro de S/.4487961.89 aproximadamente.

b) Actividad de cocina: Capacitación a encargados de cocina y programa de mantenimiento

Tabla 29. *Capacitaciones y mantenimiento cocina*

Capacitaciones (Bimestrales)	Estrategias de ahorro de combustible Combustible utilizado en el bimestre Comparación con periodos pasados
Mantenimientos preventivos (Trimestrales)	Revisión de artefactos Check list Levantamiento de observaciones

Las capacitaciones se realizarán cada dos meses, en las cuales se difundirán estrategias aplicables a la actividad de cocina, las cuales deberán ser ejecutadas por los trabajadores de esta área. Así mismo se mostrará el recuento de combustible usado en el bimestre y en los pasados, para reconocer el progreso en la disminución del consumo o alertar a los trabajadores en caso exista un incremento de este.

En el caso de los mantenimientos preventivos, serán cada tres meses. Se realizarán visitas, a cargo del personal designado, en las cuales se realizarán revisiones cuidadosas de los artefactos utilizados en el área de cocina, por cada uno de ellos se tendrá una lista de cotejo o check list, que servirá para indicar el estado de los artefactos. De existir alguna observación o recomendación hacia uno de ellos, los trabajadores a cargo de esta área tendrán un límite de tiempo, dispuesto por los encargados del mantenimiento, para subsanarlas, realizando reparaciones o sustituciones de ser necesario.

Costos por consumo:

Tabla 30. *Costo por consumo de combustible por cocina convencional y con capacitación y mantenimiento*

Tipo de Cocina	Consumo mensual (kg)	Consumo anual (kg)	Costo por consumo mensual (S/.)	Costo por consumo anual (S/.)
Convencional	554.17	6650	2252.13	27025.60
Con capacitación y mantenimiento	526.46	6317.5	2139.53	25674.32

Se observa en la tabla, que el consumo anual varía de 6650 kg. a 6317.5 kg. del caso de cocina convencional y aplicando capacitaciones y mantenimiento respectivamente. Haciendo los cálculos de costos por consumo, se tiene un ahorro de S/.1351.28 por año.

7.4 “PIERINA APRENDE”

La relación que tiene determinada empresa con el medio ambiente depende en su mayoría del comportamiento y consciencia ambiental de sus trabajadores.

En la Unidad Minera Pierina se realizan actividades de distinto tipo por lo tanto cada una de ellas genera impactos ambientales distintos. Muchas veces los trabajadores de estas áreas no tienen el completo conocimiento de ello, realizan sus actividades sin conocer a consciencia los potenciales impactos.

Es por esto que se propone el Programa de Capacitación Ambiental “Pierina Aprende”, el cual tiene como objetivo principal concientizar y explicar a los trabajadores, por áreas, de los impactos ambientales de sus actividades, así como dar recomendaciones para prevenir o mitigar en lo posible su ocurrencia.

La estructura del programa comprende capacitaciones continuas, cuyas fechas serán designadas y decididas por jefes de área teniendo en cuenta aquellas en las que se pueda reunir a la mayor cantidad del personal.

En un inicio se brindará información básica, definiciones y conceptos básicos sobre medio ambiente y su cuidado. Posterior a esto la capacitación se hará de acuerdo a la temática de cada área. Se tocarán temas que el área considere pertinente, mostrando la relación entre medio ambiente y sus actividades, como ejemplo: aspectos ambientales, impactos ambientales, medidas y estrategias de prevención, acciones de respuesta ante accidentes ambientales ocasionados por sus actividades, medidas de seguridad y cuidado de la biota al momento de realizar actividades, oportunidades de mejora ambientales en el área, entre otros.

Las charlas de capacitación estarán a cargo de un integrante del equipo de trabajadores del área correspondiente, se establecerá un cronograma por cada área indicando los encargados de cada capacitación por fechas, ya que se hará rotativo para que todos los integrantes puedan participar en alguna oportunidad como líderes de la capacitación. Con esto se busca que todos los miembros del área tengan el interés por la investigación respecto a las actividades que realiza y cómo es la relación de estas con el medio ambiente.

Tabla 31. *Capacitaciones por área*

Área	Capacitaciones mínimas por año
Gerencia General	5
Medio Ambiente	8
Recursos Humanos	6
Logística	6
Legal	6
Relaciones Comunitarias	6
Mantenimiento	8
Operaciones	8
Procesos	8
Sistemas	8
Proyectos	6
Prevención de Riesgos	6
Seguridad Patrimonial	6
Comunicaciones	6
Servicios (Limpieza, Cocina, Tópico)	6

En la Tabla 24 se muestran la cantidad de capacitaciones mínimas correspondiente a cada área por año. Como se indica anteriormente, cada área programará a lo largo del año las fechas para sus capacitaciones, acorde a la disponibilidad de su personal.

Para áreas como Medio Ambiente, Mantenimiento, Operaciones, Procesos y Sistemas se requiere mayor cantidad de capacitaciones debido a que sus actividades generan mayor cantidad de potenciales impactos ambientales, por lo cual se hace necesario incidir en los trabajadores con temas medioambientales, se recomienda que para estas áreas las capacitaciones cubran a la totalidad del personal.

VIII. Valoración económica ambiental

Tabla 32. Ahorro anual por implementación del Plan de Mejora

	Agua				Carbono		Gasto total anual (S/.)
	Inodoros	Lavamanos	Duchas	Aparatos electrónicos	Iluminación	Combustible	
Gasto sin mejora (S/.)	347.28	1408.80	135.48	80954.76	32397.96	44906644.55	45021888.83
Gasto con mejora (S/.)	289.40	575.28	100.68	76661.76	6074.64	40417331.40	40501033.16
Ahorro anual por implementación de mejoras (S/.)							4520855.67

Tabla 33. Disminución de Huella Hídrica y Huella de Carbono por implementación del Plan de Mejora

	Huella Hídrica (m ³ /año)	Huella de Carbono (tonCO ₂)
Sin plan de mejora	33475.55	35311.42
Con plan de mejora	28162.27	31780.27
Disminución en 2 años	5313.28	3531.15

IX. Cronograma

Tabla 34. *Cronograma Plan de Mejora*

Acciones	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Implementar los tanques de los inodoros con botellas de 0.001 m ³ de agua		X										
Implementar un Ahorrador RCMannesmann en los grifos de los lavamanos			X									
Cambiar los rociadores por unos Eco-Rociadores con un 30% de ahorro en consumo			X									
Incluir un dispositivo “Regleta inteligente” en cada oficina en la que se utilicen computadoras	X											
Reemplazar iluminación con fluorescentes por iluminación LED con sensor de presencia y movimiento				X	X							
Capacitación a conductores en “eco conducción”	X			X			X			X		
Incentivos para resultados de “eco conducción”						X						X
Capacitación a encargados de cocina	X		X		X		X		X		X	
Mantenimiento en cocina			X			X			X			X
Programa “Pierina Aprende”	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

4.5 Discusión

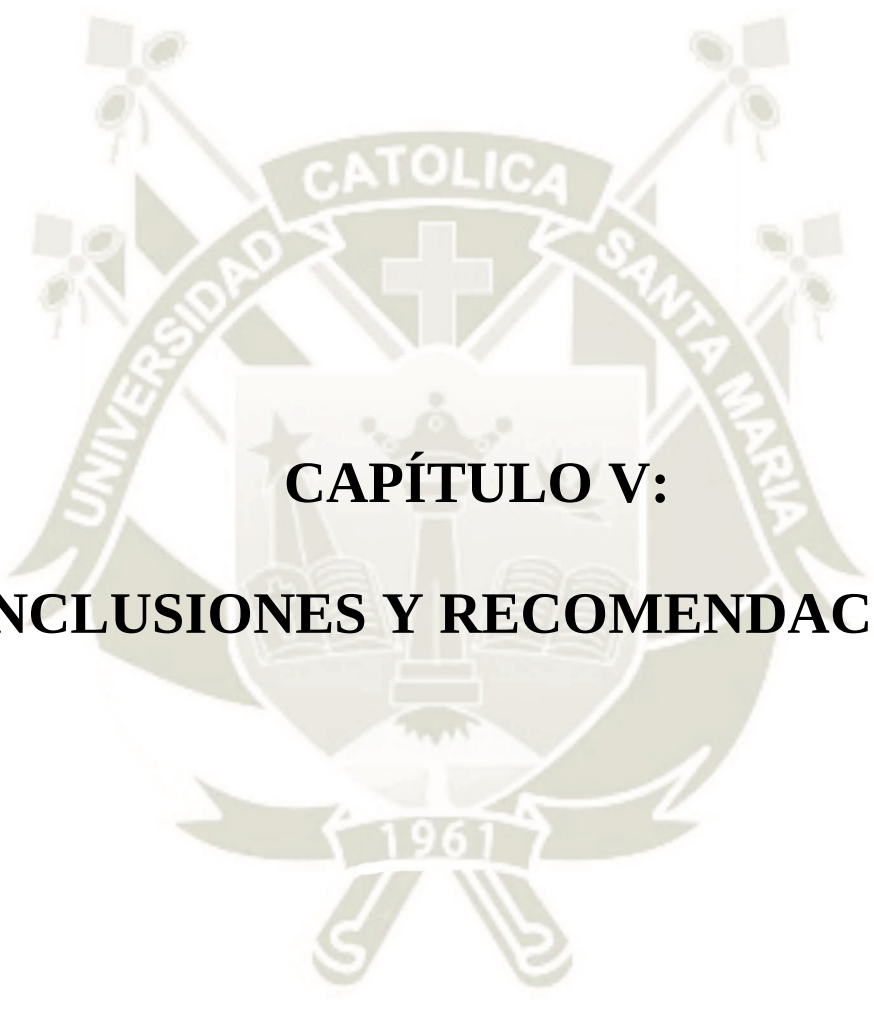
Existen investigaciones previas donde al igual que en nuestro trabajo se han aplicado las mismas metodologías. Se calculó la huella de carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena esto con el objetivo de que el estudio sirva de referencia para campañas de sensibilización ambiental de la comunidad universitaria, se incluyeron los 3 alcances donde se tuvo en cuenta los traslados en vehículos, consumo de papel, gas natural, electricidad, papel, agua, así como también la generación de residuos peligrosos, etc (Hermosilla Alcaraz, 2014). De igual forma en Colombia en Ministerio de Cultura usando la misma metodología calculó su huella de carbono y se obtuvo que las emisiones indirectas son las que producen mayor generación de Dióxido de Carbono, con estos resultados se propusieron estrategias de mitigación y/o compensación (Ministerio de Cultura - Colombia, 2016). A diferencia con nuestra investigación, nos centramos en los dos primeros alcances los cuales son las Emisiones Directas e Indirectas, siendo el primer alcance el responsable de la mayor emisión de GEI, con los resultados obtenidos se logró hacer el cálculo de la tendencia para los años siguientes y también se propusieron medidas para reducir la emisión de estos contaminantes.

Como se mencionó en la anteriormente se utilizó el método que propone la Water Footprint Network para el cálculo de la Huella Hídrica, como esta es una metodología propuesta por una organización internacional los estudios en los que se aplica son de importancia. En uno de ellos se evaluó la huella hídrica para poder comprender a que nivel de demanda de agua dulce de la Unión Europea para llevar a cabo sus actividades económicas, se analizaron los tres tipos de huella hídrica que hay para así tener resultados mas reales y así poder hacer un análisis sobre el impacto en el cambio climático (Ertug Ercin & Zamanillo, 2016). Otro estudio donde se utiliza la misma metodología y fue realizado con apoyo de Water Footprint Network, analiza la Huella Hídrica relacionada a la producción de materias primas y de prendas de vestir. Lo que se busca es identificar intervenciones estratégicas que se puedan aplicar en el sector textil para abordar problemas de sostenibilidad asociados con la producción de fibras de poliéster y viscosa principalmente y hacer una comparación con el uso del algodón (Freitas et al., 2017).

Contrastando estos estudios con el desarrollado en esta investigación se puede ver que la evaluación de la Huella Hídrica fue enfocada al área administrativa de la Unidad Minera Pierina, donde se analizó la huella hídrica azul y a partir de los resultados obtenidos se plantean estrategias fáciles de aplicar y así lograr la reducción de los impactos en el recurso hidrológico.

Es importante considerar que, debido a los alcances establecidos para las estimaciones de Huella Hídrica y Huella de Carbono es que no se utiliza un software completo de análisis de Ciclo de vida, ya que este tipo de softwares demandan mayor cantidad de información. El software elaborado, como se indica anteriormente, requiere la información precisa y necesaria para las estimaciones objetivo.





CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se recolectó información sobre usos de combustible, energía eléctrica y consumo de agua en el área administrativa de la Unidad Minera Pierina, gracias a encuestas a trabajadores e información brindada por distintas subáreas. Debido a la limitada accesibilidad a los datos fue que se estableció como alcance únicamente el área administrativa.
- Se elaboró un sistema web capaz de realizar estimaciones de Huella Hídrica y Huella de Carbono de la UMP mediante la inserción de los datos requeridos. El sistema, además, muestra un reporte por cada año tanto de HH como HC en el cual se incluyen gráficos que permiten hacer comparaciones entre los distintos valores obtenidos para llegar al resultado final. También, se podrá observar un gráfico que contiene los valores históricos de HH y HC desde el año 2004, así como uno que muestra la posible tendencia que seguirán para los próximos años. Mediante el uso del sistema web elaborado, se estimó los valores, por año, de la Huella Hídrica y la Huella de Carbono para la UMP. Así, se obtuvo para el intervalo de tiempo de 2004-2019: Una Huella Hídrica promedio de 33475.55 m³/año, teniendo un valor mínimo de 20540.82 m³/año en el año 2009 y un máximo de 52554.58 m³/año para el año 2013, y una Huella de Carbono promedio de 35311.42 tCO₂, teniendo como mínimo valor 34230.37 tCO₂ en el año 2009 y 37273.21 tCO₂ en el año 2012 como valor máximo.
- Se elaboró un Plan de Mejora para el área administrativa de la UMP, con propuestas para disminuir los valores obtenidos de Huella Hídrica y Huella de Carbono para los próximos años. Dentro del plan se consideró la identificación y evaluación de impactos ambientales causados por los factores determinados como consumidores de los recursos considerados, esto permitió conocer su severidad, se obtuvieron un total de 4 impactos críticos y 6 severos. Tomando en cuenta estos resultados, se propuso la inclusión de dispositivos con mayores eficiencias en consumo, como aireadores, eco rociadores, iluminación con sensores de presencia y movimiento, entre otros, además de estrategias como capacitaciones, seguimientos con incentivos y mantenimientos. Todas las medidas propuestas se basaron en un análisis previo del contexto de la propia organización, decidiendo por aquellas que son accesibles y adecuadas.

Se estimó que, de ser aplicado y ejecutado dicho plan de mejora, se tendría una reducción de la Huella de Carbono de 3531.5 tCO₂ y de 5313.28 m³ para el caso de Huella Hídrica, en ambos casos en el tiempo de dos años. Dicha efectividad en la aplicación del plan de mejora podrá ser seguida y comprobada mediante el sistema web, ya que, al observar los reportes y gráficos históricos, se podrá comparar los valores de Huella Hídrica y Huella de Carbono con los de años pasados.

De la misma manera, se estimó la reducción de costos que supondría la aplicación del plan de mejora, la cual sería aproximadamente S/. 4520855.67 en un año.

En cuanto el costo de implementación del plan se estimó un aproximado de S/. 22606, este valor incluye la adquisición de los dispositivos propuestos.

- El Plan de Mejora y el Sistema Web resultan dos elementos complementarios, siendo el Sistema Web un elemento de control y seguimiento para la verificación de objetivos propuestos en el Plan de Mejora.

5.2 Recomendaciones

- Dado que la implementación del Plan de Mejora permitirá a la Unidad Minera una mayor eficiencia en sus consumos, puede considerar participar en el “Programa Huella Hídrica” y aplicar para la obtención del “Certificado Azul” otorgado por la ANA. **Consultar Anexo V.**
- Para la adquisición de nuevos aparatos electrónicos, la Unidad Minera debe tomar en cuenta el Etiquetado de Eficiencia Energética, elegir aquellos con etiqueta categoría A preferentemente (A, A++, A+++). **Consultar Anexo III.**
- Dado que el área de procesos de la Unidad Minera contribuye de manera muy significativa a la generación de impactos ambientales negativos, se debe desarrollar e implementar también un Plan de Mejora destinado a esta, dando prioridad a aquellos cuya severidad sea mayor.
- En cuanto al sistema web, restringir la asignación de cuentas tipo “Administrador” a un grupo mínimo de trabajadores, y si es posible, sólo a uno. Esto con el objetivo de proteger la información y evitar posibles errores en el ingreso de datos o la eliminación de estos.



CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. Referencias Bibliográficas

- AEURUS. (2016). *Ventajas de los sistemas web - Diseño web y páginas web | Marketing Digital | aeurus. AEURUS.* <http://www.aeurus.cl/blog/ventajas-de-los-sistemas-web/>
- Alvarez Pugliese, C. (2018-09-25.). *Aproximación a la estimación de la huella hídrica minera en el municipio de Suarez (Cauca).*
- Amaro Rosales, M., & Villavicencio Carbajal, D. (2015). *Incentivos a la innovación de la biotecnología agrícola-alimentaria en México.* *Scielo*, 13(45), 34-62. <http://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v23n45/v23n45a2.pdf>
- Ameec Foster Wheeler S.A. (2016). *Modificación del plan de cierre de la Unidad Minera Pierina.*
- Angel, H. (2016). *Water and carbon footprints of mining and producing Cu, Mg and Zn: A comparative study of primary and secondary sources.* Lund University. <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8881212&fileId=8881234>
- Desarrollo de Sistemas a Medida.* (s. f.). Apoyo Digital SAC. Recuperado 14 de enero de 2020, de <https://www.apoyodigital.com.pe/sistemas-a-medida/sistemasweb.html>
- AEC. (s. f.). *Huella hídrica.* Asociación Española para la Calidad. Recuperado 15 de diciembre de 2019, de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/huella-hidrica>
- Benites Colán, J. C. A. (2019). *Determinación de la Huella de carbono de una Unidad Minera de oro a Tajo Abierto.* Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4041/benites-colan-jose-carlos-antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bustos Donoso, J. F. (2011). *Análisis de la huella de carbono de una empresa minera del cobre en Chile.* Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://www.ocmal.org/wp-content/uploads/2017/05/huella-carbono-minera-chile.pdf>
- Capterra. (s. f.). *Fabriq OS Reviews and Pricing - 2020.* Capterra. Recuperado 19 de enero de 2020, de <https://www.capterra.com/p/132283/Fabriq/>
- Capterra. (s. f.-b). *GaBi Software.* Capterra. Recuperado 19 de enero de 2020, de <https://www.capterra.pe/software/118944/gabi-software>
- Capterra. (s. f.-c). *NEMS Accounter.* Capterra. Recuperado 19 de enero de 2020, de <https://www.capterra.pe/software/141655/nems-accounter>

- Cardenas Barrios, D. B. (2017). *Cálculo de Huella de Carbono del Archivo Central Hochschild Mining sede Lima 2016 a través del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte*. Universidad Mayor de San Marcos. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7080/Cardenas_bd.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Centro Nacional de Información de la Calidad. (s. f.). *AEC: Asociación Española para la Calidad - Impulsamos la Calidad*. AEC. Recuperado 12 de diciembre de 2019, de <https://www.aec.es/>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s. f.). *Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37288/1/Metodolog%C3%ADas_calculo_HC_AL.pdf
- Comunidad de Práctica 'Ciencia para la Adaptación'. (s. f.). *Gestión de los recursos hídricos en Perú*. Recuperado 14 de diciembre de 2019, de <http://para-agua.net/component/k2/429-gestion-de-los-recursos-hidricos-en-peru>
- Constitución Política del Perú [Const]. 29 de diciembre de 1993 (Perú). Diario Oficial El Peruano.
- Corcoba Magaña, V. (2015). *Eco-driving: Ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor*. Universidad Carlos III de Madrid. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/19981>
- Cruz Gonzáles, J. K. (2012). *Análisis de la huella de carbono en la explotación minera de carbón a cielo abierto en la mina de El Cerrejón (La Guajira)*. Universidad Piloto de Colombia. <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00000458.pdf>
- Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM. Política Nacional del Ambiente . 23 de mayo de 2009. Diario Oficial El Peruano.
- Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM. Aprueba el Plan Nacional de Acción Ambiental, PLANAA PERÚ: 20011-2021. 14 de julio de 2011. Diario Oficial El Peruano.
- Decreto Supremo N° 004-2016-EM. Aprueba medidas para el uso eficiente de la energía. 12 de febrero de 2016. Diario Oficial El Peruano.
- Decreto Supremo N° 086-2003-PCM. Estrategia Nacional sobre Cambio Climático. 23 de octubre de 2003. Diario Oficial El Peruano.
- Delgado García, S. M., Trujillo Gonzáles, J. M., & Torres Mora, M. A. (2013). LA HUELLA HÍDRICA COMO UNA ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL ENFOCADA A LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO: EJERCICIO CON

COMUNIDADES RURALES DE VILLAVICENCIO. *Luna Azul*, 36, 1-8.
<https://doi.org/10.17151/luaz.2013.36.6>

Dossier Cepsa. (2015). *El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Cepsa*. CEPSA.

https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Coorp_Comp/Medio%20Ambiente_Seguridad_Calidad/Art%C3%ADculos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf

Echevarría Escobar, S., Barco Mejía, J., Zapata Ochoa, J., & Gonzáles, J. E. (2016). *Guía Metodológica para la Evaluación de la Huella Hídrica del Sector Minero Colombiano*. http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/EstudiosPublicaciones/Huella_Hidrica.pdf

Envira. (2018, 6 marzo). *Software EcoGestor para Sistemas de Gestión Ambiental*. Envira Ingenieros Asesores. <https://envira.es/es/software-iso-14001-para-sistemas-de-gestion-ambiental/>

Environmental Protection Agency (EPA). (2020, 10 febrero). *Air Quality Dispersion Modeling - Preferred and Recommended Models*. US EPA. <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models>

Envira. (2018, 6 marzo). *Software EcoGestor para Sistemas de Gestión Ambiental*. Envira Ingenieros Asesores. <https://envira.es/es/software-iso-14001-para-sistemas-de-gestion-ambiental/>

Ertug Ercin, D. C., & Zamanillo, A. C. (2016). *Dependencies of Europe's economy on other parts of the world in terms of water resources*. https://waterfootprint.org/media/downloads/Imprex-D12-1_final.pdf

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://doi.org/10.4067/s0718-07642012000100017>

Facultad de Informática UCM. (2019, 16 abril). *EIA09 Project Page*. EIA09. <https://www.fdi.ucm.es/profesor/lgarmend/eia09/index.html>

Farias Gutiérrez, I. E. (2016). *Desarrollo de una metodología para el estudio de la sustentabilidad hídrica de la industria minera mediante el pronóstico y evaluación de la huella hídrica en escenarios de variabilidad climática y operacional*. Universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/143045/Desarrollo-de-una-metodolog%C3%ADa-para-el-estudio-de-la-sustentabilidad-h%C3%ADdrica-de-la-industria-minera-mediante.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FAO. (2013). *Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria* (N.º 38). <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>

- Freitas, A., Zhang, G., & Mathews, R. (2017). *Water Footprint Assessment of polyester and viscose and comparison to cotton*. https://waterfootprint.org/media/downloads/WFA_Polyester_and__Viscose_2017.pdf
- García, Á. . d. e. . M. (2013). *La Huella Hídrica como un indicador de presiones: aplicación a la cuenca del Duero y al sector porcino*. https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2016/02/huella_hidrica_presiones.pdf
- Gavito, M. E., van der Wal, H., Aldasoro, E. M., Ayala-Orozco, B., Bullén, A. A., Cach-Pérez, M., Casas-Fernández, A., Fuentes, A., González-Esquivel, C., Jaramillo-López, P., Martínez, P., Masera-Cerruti, O., Pascual, F., Pérez-Salicrup, D. R., Robles, R., Ruiz-Mercado, I., & Villanueva, G. (2017). Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 150-160. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.09.001>
- Gensuite. (2019, 23 abril). *Software de Gestión Ambiental | Cumplimiento ambiental*. <https://www.gensuite.com/products-and-services/environmental-management-software-es/>
- González Valencia, J. E., Montoya, L. J., Botero, A., Arévalo, D., & Valencia, V. (2012). *Aproximación a la estimación de la Huella Hídrica de la minería del oro en el Municipio de Segovia, Antioquia (Colombia)*. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, (7), 27–44. Article presented at the *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2099/13291>
- GreenFacts. (2007). *Glossary: Nitrous oxide*. GreenFacts - Facts on Health and the Environment. <https://www.greenfacts.org/glossary/mno/nitrous-oxide.htm>
- GreenFacts. (2007). *Glosario: Dióxido de Carbono (CO*. GreenFacts - Facts on Health and the Environment. <https://www.greenfacts.org/es/glosario/def/dioxido-carbono.htm>
- GreenFacts. (2007). *Glosario: Metano*. GreenFacts - Facts on Health and the Environment. <https://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/metano.htm>
- GreenFacts. (2007). *Glossary: Nitrous oxide*. GreenFacts - Facts on Health and the Environment. <https://www.greenfacts.org/glossary/mno/nitrous-oxide.htm>
- Greenleaf Ambiental Company Cia. Ltda. (2010). *Greenleaf Ambiental Company Cia. Ltda. (2010). Estudio de Impacto Ambiental Definitivo (EIAD) para la Construcción y Operación de la Subestación El Inga 500/230/138 kV*. https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/EIA/cap1_se_el_inga.pdf

- Haworth, N., & Symmons, M. (2001). *The relationship between fuel economy and safety outcomes*.
https://www.infrastructure.gov.au/roads/safety/publications/2001/pdf/fuel_economy.pdf
- Hermosilla Alcaraz, A. (2014). *Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: En Busca de la Ecoeficiencia*.
<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5043/tfm384.pdf?sequence=1>
- Hosting Perú. (s. f.). *SERVIDORES WEB*. Recuperado 5 de septiembre de 2020, de
<https://www.hostingperu.com.pe/index.html>
- Huamaní Ober Giselle. (2011). *Dinámica de los Conflictos en torno a la Mina del Cerro Corona de Gold Fields*. http://www.cedepas.org.pe/sites/default/files/conflictos_0.pdf
- Huella de Ciudades. (2014). *Manual para la evaluación de la Huella Hídrica*.
<https://www.huelladeciudades.com/huella-hidrica.html>
- Huella de Ciudades. (2014). *Proyecto Huella de Ciudades*. <https://www.huelladeciudades.com>
- Ihobe S.A. (2012). *Guía Metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones*.
https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/uneiso14064/es_def/adjuntos/PU B-2012-019-f-C-001.pdf
- INFOCARBONO. (2019). *INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO*. <https://infocarbono.minam.gob.pe/inventarios-nacionales-gei/intro/>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2007). *Manual de Conducción Eficiente para Vehículos Turismo*.
<https://web.ua.es/es/ecocampus/documentos/campanas/movilidad/manual-conduccion-eficiente.pdf>
- Johansson, H., Gustafsson, P., Henke, P., & Rosengren, M. (2003). *Impact of ecodriving on emissions*.
- Knight Piésold Consultores S.A. (2005). *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Cerro Corona*.
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/estudios/cerro_corona/Volumen%20I-A.pdf
- Knight Piésold Consultores S.A. (2010). *Estudio de Impacto Ambiental - Resumen Ejecutivo*. UMP.

- León Jines, G. W., & Luna Guerrero, A. B. (2017). *Análisis de sostenibilidad ambiental comparando la Huella Hídrica del concentrado de cobre y la Disponibilidad Hídrica en la minera Catalina Huanca de los años 2014 y 2015*. http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8957/LeonJines_G%20-%20LunaGuerrero_A.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ley N° 26821. Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales. 26 de junio de 1997. Diario Oficial El Peruano.
- Ley N° 27345. Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía . 08 de septiembre de 2000. Diario Oficial El Peruano.
- Ley N° 27446. Ley del SEIA. 23 de abril de 2001. Diario Oficial El Peruano.
- Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos. 31 de marzo de 2009. Diario Oficial El Peruano.
- Ley N°28611. Ley General del Ambiente. 15 de octubre de 2005. Diario Oficial El Peruano.
- Maldonado Guerrero, J. R. (2016). *Desarrollo e Implementación de un Sistema Web de Seguimiento y Evaluación de las prácticas pre-profesionales para la Facultad de Ingeniería Escuela Civil de la PUCE*. http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12562/Tesis_Teoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Minera Barrick Misquichilca S.A. (1997). Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad Pierina - Capítulo 5. Huaraz
- Minera Barrick Misquichilca S.A. (1997). *Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad Pierina - Resumen Ejecutivo*.
- Minera Barrick Misquichilca S.A. (1997). *Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad Pierina – Capitulo 2A – Línea de Base Ambiental*.
- Minera Barrick Misquichilca S.A. (1997). *Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad Pierina – Capitulo 2B - Línea de Base (continuación)*.
- Minera Barrick Misquichilca S.A. (1997). *Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad Pierina – Capitulo 03 - Descripción del Proyecto*.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2016). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora para una organización*. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf
- Ministerio de Cultura - Colombia. (2016). *INFORME HUELLA DE CARBONO 2016*. https://www.mincultura.gov.co/ministerio/oficinas-y-grupos/oficina%20asesora%20de%20planeacion/Sistema%20de%20gestion%20de%20la%20calidad/SiteAssets/Paginas/2009-08-11_25877/2016_INFORME%20HUELLA%20DE%20CARBONO.pdf

- Ministerio de Energía y Minas. (2009). *GUÍA DE LA ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA*.
https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/normatividad/guia_etiqueta_energe.pdf
- Ministerio de Energía y Minas. (2010). *Etiquetado de Eficiencia Energética*.
<http://etiquetaenergetica.minem.gob.pe/>
- Ministerio del Ambiente. (s. f.). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - INFOCARBONO*. Plataforma digital única del Estado Peruano. Recuperado 19 de noviembre de 2019, de <https://www.gob.pe/7857-ministerio-del-ambiente-inventario-nacional-de-gases-de-efecto-invernadero-infocarbono>
- Ministerio del Ambiente. (2009). *Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú*.
<http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/11/2013/10/CDAM0000323.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2009). *Guía de Ecoeficiencia para las empresas*.
http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/guia_de_ecoeficiencia_para_empresas.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2017). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*.
https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf
- Monforte García, G., & Cantú Martínez, P. (2009). *ESCENARIO DEL AGUA EN MEXICO. Cultura Científica y Tecnológica*, 0(30). Recuperado de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/356>
- Monroy Núñez, J. (2012). *Huella de Carbono: más allá de un instrumento de medición. Necesidad de conocer su impacto verdadero*.
http://www.revistalatinacs.org/12SLCS/2012_actas/058_Nunez.pdf
- Morales Guillén, M., & Pacheco Cruz, H, H. (2008). *Reducción de las emisiones de Carbono y la energía renovable*. <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/01/01-19.pdf>
- Mudd, G.M., Weng, Z., Memary, R., Northey, S. A., Giurco, D., Mohr, S., and Mason, L. (2012) *Future greenhouse gas emissions from copper mining: assessing clean energy scenarios*. Prepared for CSIRO Minerals Down Under Flagship by Monash University and Institute for Sustainable Futures, UTS. ISBN 978-1-922173-48-5.
- Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina. (2019). *Conflicto Minero: Yanacocha: Impactos ambientales y sociales*. Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina, OCMAL. https://mapa.conflictosmineros.net/ocmal_db-v2/conflicto/view/10

- ONG Agualimpia. (2017). *Manual de aplicación de evaluación de huella hídrica acorde a la norma ISO 14046*.
<http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3829/ANA0002330.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organización Internacional de Normalización. (2011). *Sistemas de Gestión de la Energía - NORMA INTERNACIONAL ISO 50001:2011*. Online Browsing Platform (OBP).
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>
- Organización Internacional de Normalización. (2015). *Sistemas de Gestión Ambiental - NORMA INTERNACIONAL ISO 14001:2015*.
<http://www.itvalledelguadiana.edu.mx/ftp/Normas%20ISO/ISO%2014001-2015%20Sistemas%20de%20Gestion%20Mabiental.pdf>
- Páez-Barón, E., Corredor-Camargo, E., & Fonseca-Carreño, J. (2018). *La Huella hídrica y la huella de carbono: herramientas para estimar el impacto de la ganadería bovina. Pensamiento Y Acción*, (24), 81-92. Recuperado a partir de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/pensamiento_accion/article/view/8617
- Pérez, D. (2019). *Agua dulce*. WWF. https://www.wwf.org.pe/nuestro_trabajo/agua_dulce/
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015). *Normas y Etiquetado de Eficiencia Energética en el Perú*.
<https://www.inacal.gob.pe/inacal/files/metrologia/EVENTOS/FORO%20NACIONAL/6.pdf>
- Quintero Torres, E. A., & León Beltrán, W. A. (2016). *Diseño y Elaboración Del Software de Gestión Ambiental para el Sistema de Gestión Ambiental (SGA - PIGA) de la Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas*.
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5782/1/QuinteroTorresEdwinArturo2017.pdf>
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminan. (2007). *PFC (PERFLUOROCARBUIROS)*. PRTR-España. <http://www.prtr-es.es/PFC-perfluorocarbuos,15596,11,2007.html>
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminan. (2007). *HFC'S (HIDROFLUOROCARBUIROS)*. PRTR-España. <http://www.prtr-es.es/HFCs-hidrofluorocarbuos,15591,11,2007.html>
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminant. (2007). *SF6 (HEXAFLUORURO DE AZUFRE)*. PRTR-España. <http://www.prtr-es.es/SF6-Hexafluoruro-de-azufre,15597,11,2007.html>

- Reinoso Navarro, Á. (2018). *Antecedentes conceptuales para el cálculo de la Huella de Carbono*. Ministerio del Medio Ambiente. http://www.ifop.cl/wp-content/uploads/Huella-de-Carbono-en-Pesquer__as-AR-1.pdf
- Rendón, E. (2016). *La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú. Saber y Hacer*, 2(1), 34-47. Recuperado de <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/40>
- Resolucion Jefatural N°104-2018-ANA. 16 de Marzo de 2018. *Diario Oficial El Peruano*.
- Ríos Zúñiga, R. D. (2019). *Impacto de las actividades de responsabilidad social de Minera Barrick Misquichilca S.A. en la zona de influencia de su operación Pierina, en el departamento de Ancash*. http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2101/ADM_T030_40164551_T%20R%c3%ados%20Z%c3%ba%c3%b1iga%2c%20Roxana%20Dianella.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rondón Mestanza, M. A. (s. f.). *Huella de Carbono*. Ministerio del Ambiente. <http://www.minam.gob.pe/semanaclimatica/wp-content/uploads/sites/104/2015/06/1La-Huella-de-Carbono-y-Neutralizaci%C3%B3n-como-instrumentos-de-sostenibilidad.pdf>
- Ruiz-Mercado, I., & Masera, O. (2015). *Patterns of Stove Use in the Context of Fuel–Device Stacking: Rationale and Implications*. *EcoHealth*, 42-56.
- Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Solidforest. (2019). *AIR.E HDC - SOFTWARE PARA EL CALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO*. <https://www.solidforest.com/software-huella-carbono-hidrica-agua-ambiental.html>
- Subdirección de Políticas y Planes Ambientales. (2015). *Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono Corporativa*. http://www.ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=f64a7ccd-8a76-4d0d-b6de-33a3f08576fc&groupId=586236
- Universidad de Sevilla. (2018). *Huella de Carbono. Relación con la ley Grenelle*. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70209/fichero/04+-+Ley+Grenelle.+Aspectos.pdf>

Vallejo Chaverri, A. L., Vallejo Solís, M. Á., Nájera Fernández, J., & Garnier Zamora, L. A. (2017). *Guía Metodológica para la Huella de Carbono y la Huella de Agua en la Producción Bananera*. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i8333s.pdf>

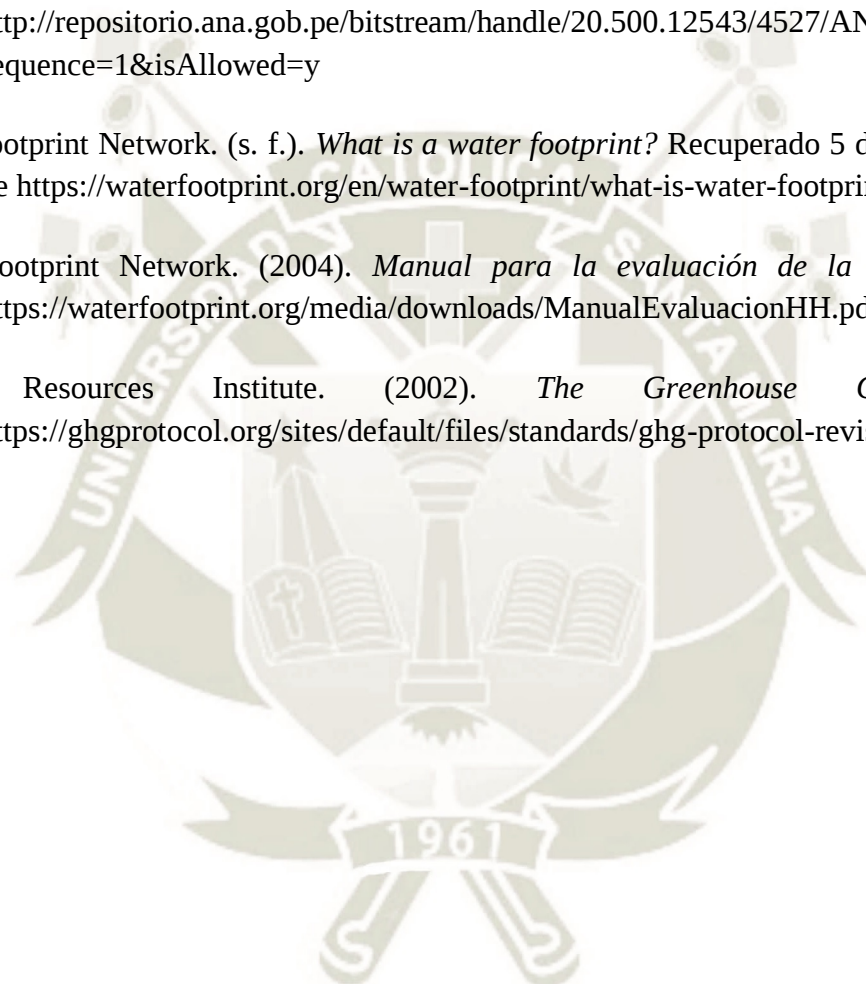
Valverde-Berrocoso, J., Fernández-Sánchez, M. R., & Garrido-Arroyo, M. C. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 46, 1-18. <https://doi.org/10.6018/red/46/3>

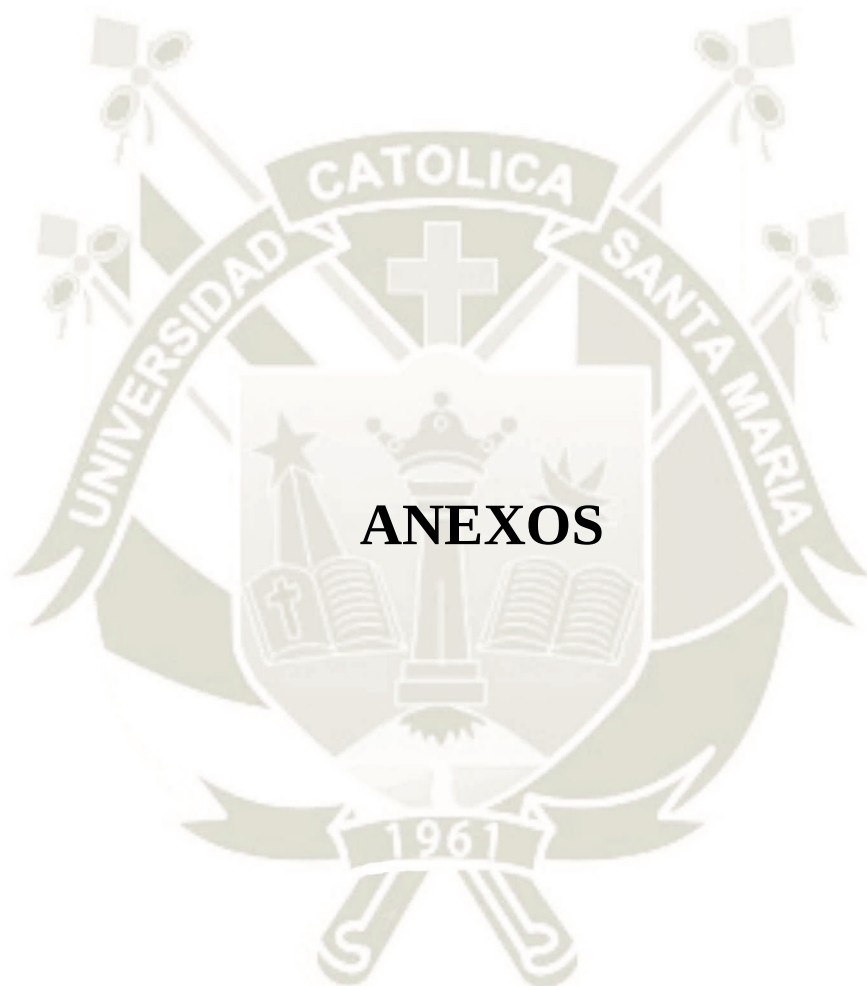
Verano, C. (2018). «Promoviendo Empresas Hídricamente Responsables» - Certificado Azul. <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4527/ANA0003027.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Water Footprint Network. (s. f.). *What is a water footprint?* Recuperado 5 de enero de 2020, de <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>

Water Footprint Network. (2004). *Manual para la evaluación de la Huella Hídrica*. <https://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>

World Resources Institute. (2002). *The Greenhouse Gas Protocol*. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>





ANEXO I: Planos de distribución de módulos de Administración UMP

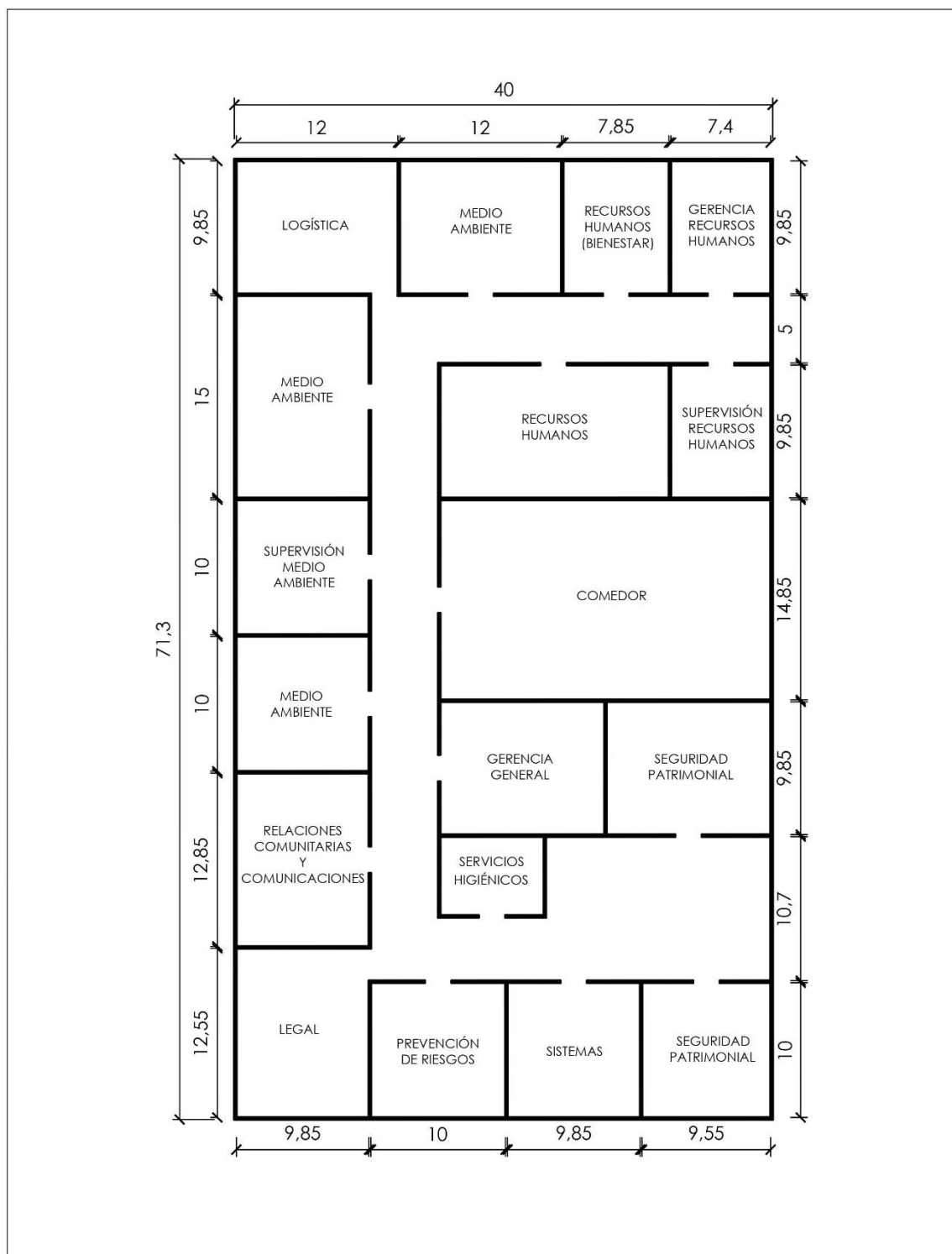


Figura 544. Distribución Módulo 1 Administración UMP

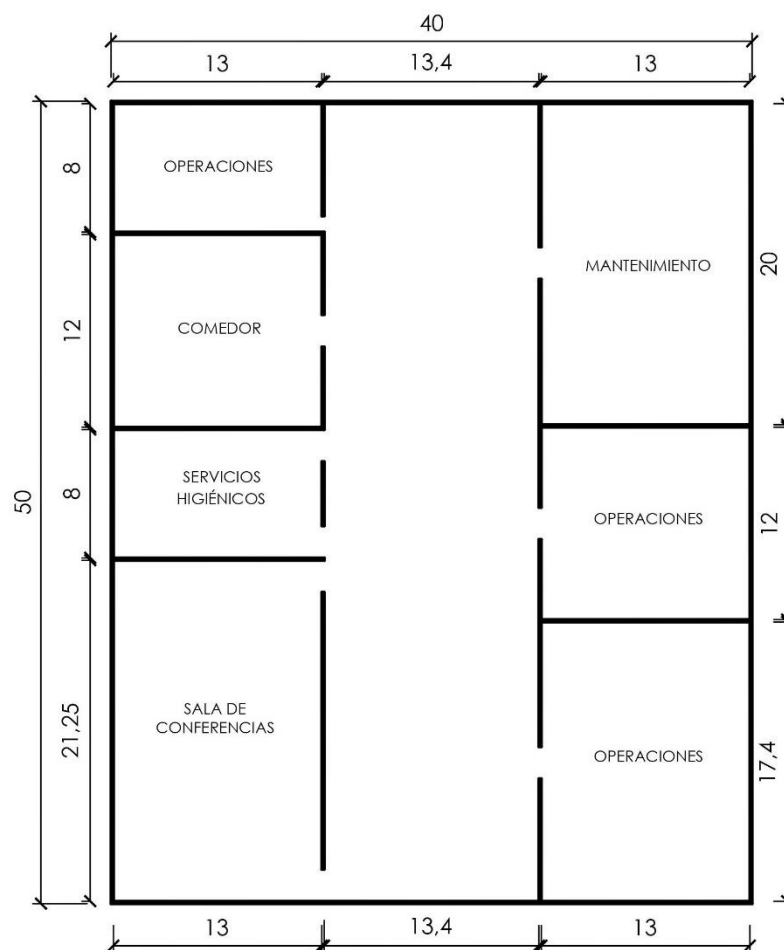


Figura 555. Distribución Módulo I1 Administración UMP

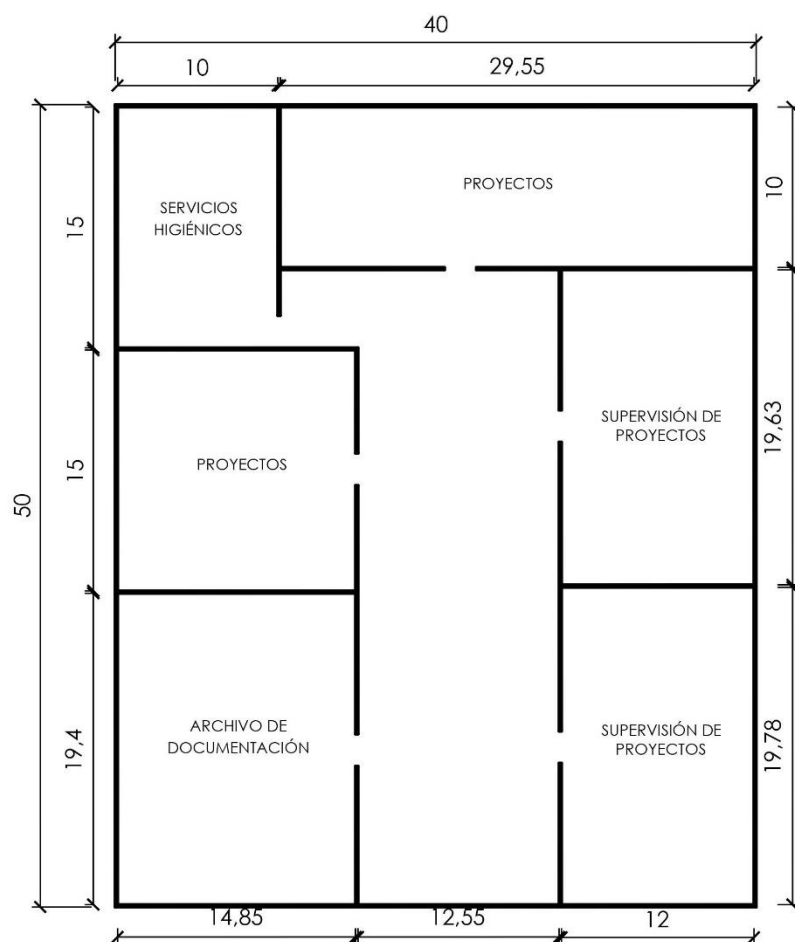


Figura 566. Distribución Módulo II1 Administración UMP

ANEXO II: Diagrama de proceso Área Administrativa UMP

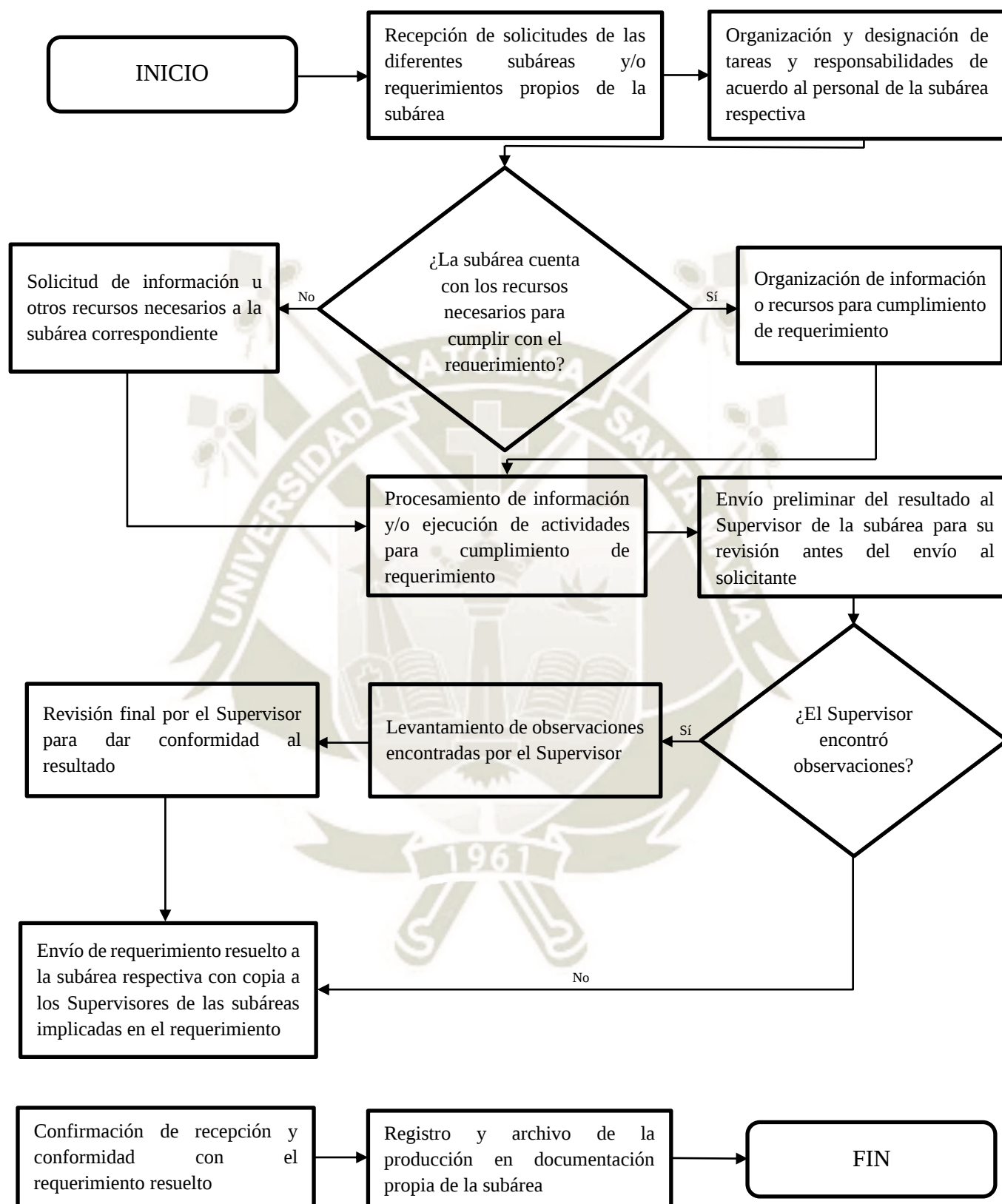


Figura 57. Diagrama de Proceso área administrativa UMP

ANEXO III: Etiquetado de Eficiencia Energética

Este proyecto tiene como marco normativo la Ley N° 27345, Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía y la Política Energética Nacional de Largo Plazo (2010-2040).

Aquí se declara de interés nacional la promoción del uso eficiente de energía y dispone el Etiquetado de Eficiencia Energética (EEE) de equipos energéticos y se dispone que el INDECOPI elabore y apruebe los Lineamientos Generales del Etiquetado de Eficiencia Energética.

El Etiquetado de Eficiencia Energética (EEE) se trata de un sistema de clasificación de artefactos y equipos que permite tener conocimiento de su eficiencia en el uso de energía mientras se encuentran en funcionamiento. La clasificación es mediante una etiqueta de eficiencia energética que se encuentra pegada a los artefactos y equipos y que ofrece a los consumidores información sobre dicho equipo, con lo cual le permite decidir de mejor manera al momento de realizar su compra, generando beneficios económicos, ambientales y sociales (Ministerio de Energía y Minas, 2010).

- **Etiqueta de Eficiencia Energética**

Se diseñó con el objetivo que el usuario o consumidor pueda identificar el nivel de eficiencia energética de los equipos y artefactos de forma sencilla. Se hace uso de letras y colores que muestran niveles desde la mayor eficiencia hasta la menor eficiencia, es decir el que tiene el mayor consumo de energía.

Se tienen 7 rangos de Eficiencia Energética, los cuales están denominados por las letras A, B, C, D, E, F y G.

La clasificación A, B y C hace referencia a equipos que presentan un consumo de energía por debajo del promedio, los equipos clasificados como D y E corresponden a los que presentan un consumo energético medio, mientras que los de clasificación F y G son aquellos que tienen un consumo mayor al promedio.

La flecha de color negro posee una letra de color blanco en su interior y se encuentra ubicada al lado derecho, esta señala el rango de eficiencia energética del equipo (Ministerio de Energía y Minas, 2010).

Esta clasificación trae consigo beneficios como son:

- ✓ Seguridad energética: Se reducirá el consumo de energía y la utilización de hidrocarburos para su producción.
- ✓ Ahorro económico: Disminuirá el pago en la factura de servicio eléctrico.
- ✓ Protección al consumidor: El consumidor recibirá más información sobre los equipos energéticos que adquirirá para contribuir con la toma de su decisión de compra.
- ✓ Desarrollo tecnológico: Renovación de equipos de menor eficiencia por aquellos de mayor eficiencia.
- ✓ Protección ambiental: La disminución de consumo de energía traerá consigo también una reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, como el dióxido de carbono (Ministerio de Energía y Minas, 2010).

Con esto también se contribuirá al avance del cumplimiento de compromisos internacionales sobre el cambio climático de nuestro país, debido a que apoya a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en cuanto a Energía asequible y no contaminante, Ciudades y comunidades sostenibles, Producción y consumo responsables y Acción por el clima.

Se estima que gracias a este proyecto se generará 31.5 mil GWh de ahorro de energía y una reducción de 8.8 millones de toneladas de CO₂ equivalentes entre los años 2016 y 2030 (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015).

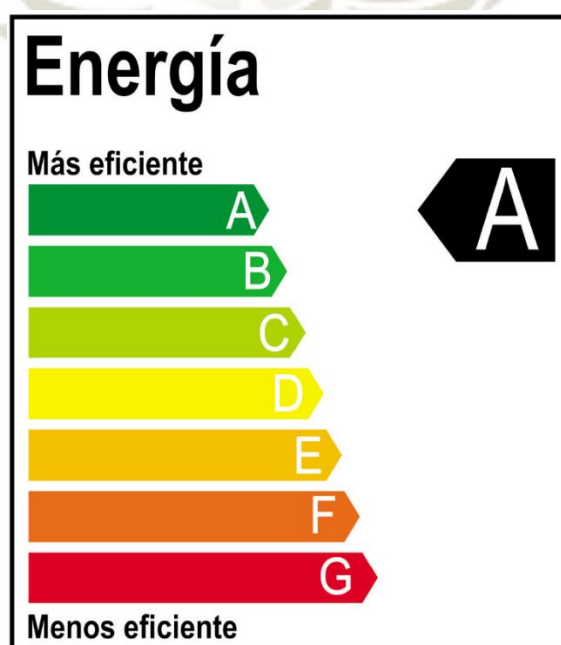


Figura 58. Etiqueta de Eficiencia Energética

ANEXO IV: Eco - driving

Eco-driving se refiere a una técnica de conducción que hace posible un ahorro de combustible independientemente de la tecnología del vehículo, basándose en el dominio de las variables sobre las que puede actuar el conductor, como por ejemplo velocidad, marcha y aceleración. Con esta técnica se puede ahorrar hasta un 25% de combustible, pero depende en gran parte de la habilidad del conductor, el entorno y el tipo de vehículo (IDAE, 2007).

Además, esta técnica trae efectos de seguridad positivos. En el año 2001 se realizó una investigación en Australia, donde se concluyó que en aprendizaje sobre conducción eficiente puede llegar a reducir en un 35% los accidentes provocados por el tráfico, un 11% en consumo de combustible y en cuanto a la emisión de gases contaminantes un 25 a 50% (Haworth & Symmons, 2001).

Autores señalan que los efectos positivos del eco-driving tienden a perderse con el tiempo, los conductores suelen regresar a sus hábitos convencionales de conducción si es que no están sujetos a algún tipo de motivación (Johansson, Gustafsson, Henke, & Rosengren, 2003).

- Ventajas:

Esta técnica de conducción va más allá de un ahorro energético, posee otras ventajas que se señalan a continuación:

- ✓ Ahorro económico:

Los combustibles significan un alto costo para las empresas y para los clientes que también se ven afectados por el aumento de precio en los productos debido al precio del combustible.

- ✓ Incremento del tiempo de vida de los componentes del vehículo:

La técnica requiere menor esfuerzo de los sistemas del vehículo como la caja de cambios, el motor y los frenos. Este tipo de conducción eficiente logra que el conductor tenga un tiempo mayor para tomar decisiones al momento de manejar, es así que permite que se disminuya la intensidad y el uso de los componentes vehiculares.

- ✓ Reducción de emisiones:

Las emisiones de los gases contaminantes están en proporción directa con el consumo de combustible, ya que son producto de la combustión que se realiza en el motor de los vehículos. Si se da un menor consumo de combustible, la contaminación por emisiones también será menor.

- ✓ Disminución de accidentes de tráfico, riesgo y gravedad:
Debido a que el eco-driving tiene sus bases en la antelación y la previsión, se incrementa la seguridad.
- ✓ Disminución del stress del conductor:
Para este tipo de conducción se requiere tranquilidad y serenidad por parte del conductor, por lo cual se reduce las tensiones que normalmente experimenta este.
- ✓ Mejora del tráfico:
Las aceleraciones se realizan más efectivamente y la velocidad se ajusta de modo que se evitan las detenciones, así se mejora la velocidad media de la carretera (Corcoba Magaña, 2015).
- Consejos para una conducción eficiente

Antes del recorrido

- ✓ Revisión de los sistemas del vehículo
Previo al viaje, el conductor debe revisar componentes del vehículo ya que un mal estado puede llevar a un consumo superior de combustible e incluso riesgos de seguridad para los pasajeros.
Entre las revisiones a realizarse tenemos:
Presión de neumáticos: Si esta es menor a la recomendada se producirá un incremento de la resistencia a la rodadura y en la temperatura, el neumático se desgastará de manera no uniforme, las probabilidades que se reviente o se desprenda la banda de rodamiento serán mayores. En el caso contrario, una presión mayor a la recomendación producirá rebotes y un desgaste principal en la zona central de la banda de rodadura.
Filtros: Al funcionar correctamente los filtros se tendrá un impacto importante en cuanto al consumo de combustible. En cuanto al filtro de aceite, si este está en mal estado, se podría incrementar un 0.5% el consumo de combustible gracias a las pérdidas de energía en la transmisión. Si el filtro del aire se encuentra sucio provocará un incremento de consumo de hasta 1.5% además de un incremento en la emisión de gases contaminantes. El filtro de combustible puede aumentar hasta un 0.5% el consumo de no encontrarse en buen estado (Corcoba Magaña, 2015).

✓ Carga del vehículo

La distribución y la carga del vehículo impacta directamente en las fuerzas que se oponen a su movimiento.

Lo que se recomienda es distribuir la carga uniformemente sobre cada eje, para que de esta forma se reduzca la potencia perdida por la resistencia aerodinámica (Corcoba Magaña, 2015).

Durante el recorrido

✓ Aire acondicionado

Tiene una de las mayores incidencias en el consumo de combustible a nivel mundial.

✓ Ventanillas

El manejo con las ventanillas bajas cambia el coeficiente aerodinámico del vehículo, lo cual produce una mayor oposición al movimiento de este. Sin embargo, abrirlas tiene un efecto menor que utilizar el aire acondicionado.

✓ Inicio de la marcha

Depende del tipo de vehículo. En los vehículos a gasolina se debe iniciar la marcha justo después de arrancar el motor, de manera inmediata. Por otro lado, en vehículos diésel es conveniente esperar un corto tiempo con el objetivo que el aceite llegue en las condiciones adecuadas a la zona de lubricación.

✓ Aceleraciones bruscas y frecuentes

Cuando es muy brusca la aceleración se incrementan las probabilidades que el conductor deba frenar para correcciones de velocidad, con lo cual desperdicia energía generada previamente.

✓ Evitar las desaceleraciones

Cuando se utiliza el pedal freno, se pierde parte de la energía previamente generada, por lo cual se recomienda emplear el freno motor durante el proceso de desaceleración. Cuando no se utiliza el pedal acelerador y se tiene una marcha engranada, no se consume combustible por el motor.

✓ Mantener una velocidad constante

Cuando el vehículo haya alcanzado la velocidad deseada y el conductor no acelera, la fuerza de resistencia desaparece, la fuerza de tracción disminuye y así también el consumo de combustible.

- ✓ No conducir a velocidades elevadas

La resistencia aerodinámica incrementa de manera cuadrática por la velocidad del vehículo, de la misma manera que el consumo de combustible.

- ✓ Evitar los recorridos cortos y mantener la velocidad del motor en la zona eficiente indicada por el fabricante

La conducción en velocidad eficiente indicada por el fabricante lograra una optimización en el consumo de combustible. (Corcoba Magaña, 2015).

Es así como el eco-driving es una técnica para reducir el consumo de combustible sin la necesidad de un egreso económico. En gran número de estudios se han obtenido resultados positivos en su aplicación, pero se concluye también que la motivación es necesaria para que los conductores no retomen sus hábitos de conducción convencionales.

La motivación puede ser tanto intrínseca como extrínseca, es decir por interés y curiosidad propia de la persona o por un factor externo que reconozca algún logro o llame la atención por una desviación de este.

En conclusión, con la explicación correcta de las estrategias del eco-driving y una adecuada motivación, logrará en los conductores un aprendizaje duradero que contribuya con la disminución en el consumo de combustible.

ANEXO V: Programa Huella Hídrica

Este es un conjunto de actividades que tienen el objetivo de reducir los impactos y consumo por el uso de los recursos hídricos, de igual forma desarrollar acciones donde se tenga responsabilidad social. Este programa esta conducido por la Dirección del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos. La participación en este programa es completamente voluntario y al ejecutar todos los compromisos asumidos la Autoridad Nacional del Agua otorga un reconocimiento llamado Certificado Azul.

Se debe presentar la siguiente documentación para poder estar inscritos en el programa:

- Reporte de Huella Hídrica, el cual debe estar acreditado por la entidad revisora.
- Un “Proyecto de Reducción de Huella Hídrica”
- Y un “Proyecto de Valor Compartido en Agua”

Todos estos documentos deben estar adjuntados Al formato de “Solicitud de Inscripción al Programa Huella Hídrica”.

Certificado Azul

Para la obtención de este reconocimiento se debe ser un usuario hídricamente responsable y se debe indicar la unidad operativa, proceso o producto en el que se ha realizado la medición y reducción de la Huella Hídrica.

La vigencia del certificado es de un año y se debe presentar un nuevo Proyecto de Reducción de Huella Hídrica para renovarlo, así como también se debe presentar un nuevo Proyecto de Valor Compartido en Agua. Cabe señalar que se realizará una supervisión continua a las acciones de los usuarios de manera periódica (Resolucion Jefatural N°104-2018-ANA, 2018).

ANEXO VI: Costo de implementación del Sistema Web

Para poner en funcionamiento el Sistema Web que se propone es recomendable que la organización cuente con un servidor web, ya que este sirve de intermediador entre el servidor donde están los datos que recolectamos para el cálculo de la Huella Hídrica y de Carbono y el computador del cliente, es decir que la información podrá ser vista por cualquier parte interesada (Hosting Perú, s. f.).

A continuación, se presenta tres servidores que son los más comunes y utilizados en Perú, estos pueden ser adquiridos por empresas distribuidoras las cuales también se encargan de monitorear constantemente los servidores para prever cualquier caída de estos.

Tabla 35. *Características de servidores web*

SERVIDORES	CPU	Memoria RAM	Disco duro	Trafico mensual	Precio mensual
Cloud Windows	2 Cores/ 4.0 Ghz	4 GB	100 GB	4 TB a 100 Mbps	US\$ 429.00
Cloud Linux	4 Cores/ 4.0 Ghz	4 GB	100 GB	4 TB a 100 Mbps	US\$ 399.00
AWS Cloud Server	2 vCPUs	4GB	80 GB	4 TB	US\$ 179.00

Fuente: *Hosting Perú. (s. f.). SERVIDORES WEB.*

ANEXO VII: Documentos base para la metodología

Se utilizó como documento guía principal dos documentos:

The Greenhouse Gas Protocol.

World Resources Institute., 2002.

Esta guía fue diseñada con el objetivo de ayudar a las empresas a tener un inventario de los Gases de Efecto Invernadero donde se aprecien sus emisiones reales, utilizando enfoques y principios estandarizados. Reducir y sintetizar los costos por compilación y desarrollo de un inventario de Gases de efecto invernadero. Brindar información para poder plantear estrategias efectivas para la gestión y reducción de los Gases de efecto invernadero. Así como también información que ayude a las empresas a participar en programas obligatorios y voluntarios de Gases de efecto invernadero (World Resources Institute, 2002).

Manual para la evaluación de la Huella Hídrica.

Water Footprint Network, 2004.

Este es un manual el cual permite hacer una cuantificación de la Huella Hídrica a diferentes objetivos como por ejemplo a procesos, productos, a un consumidor o grupo de consumidores, una cuenca, a un área geográfica delimitada, etc.

Nos describe cuatro pasos para la evaluación de la HH. El primero es el establecer alcances y objetivos, así como también los límites. Luego está la cuantificación de la HH, donde se recolectan los datos y se identifican las fuentes. Seguidamente se hace un análisis de sostenibilidad y finalmente una respuesta a la HH, donde se definen las estrategias que deben ser orientadas a reducir la HH (Water Footprint Network, 2004).

A continuación, se presentan tablas comparativas entre metodologías consultadas:

Tabla 36. Comparación Métodos Huella de Carbono

MÉTODO	REFERENCIA	ENFOQUE	PERÍMETRO	INFORMACIÓN	ACTIVIDADES
Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Greenhouse Gas Protocol)	World Resources Institute (2002)	Corporativo	Alcance 1: Emisiones Directas provenientes del uso de combustible bajo control de la empresa Alcance 2: Emisiones indirectas por consumo de electricidad Alcance 3: Emisiones indirectas fuera del control de la empresa	Documentación o medición de consumos directos e indirectos de actividades operacionales y organizacionales	Todas las actividades de una organización
Balance de Carbono (Bilan Carbone)	BC (2002)	Corporativo			
Especificaciones Públicamente Disponibles (PAS 2050)	Grupo BSI (2008)	Producto	Emisiones generadas a lo largo del ciclo de vida del producto en base a dos opciones alternativas: B2B o B2C	Mapas de procesos e inventarios.	Todas las actividades esencialmente productivas
Método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3)	Doménech (2004)	Corporativo y producto	Emisiones generadas en una organización sin exceder sus límites, no se consideran clientes, proveedores, consorcios o plantas de tratamiento de desechos	Cuentas contables de la organización	Todas las actividades de una organización
Documentos que incluyen la metodología utilizada					
Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. <i>Información tecnológica</i>, 23(1), 163-176. https://doi.org/10.4067/s0718-07642012000100017 World Resources Institute. (2002). <i>The Greenhouse Gas Protocol</i>. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf Ministerio para la Transición Ecológica. (2017). <i>Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización</i>. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf Benites Colán, J. C. A. (2019). <i>Determinación de la Huella de carbono de una Unidad Minera de oro a Tajo Abierto</i>. Universidad Nacional Agraria La Molina. http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4041/benites-colan-jose-carlos-antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y Bustos Donoso, J. F. (2011). <i>Análisis de la huella de carbono de una empresa minera del cobre en Chile</i>. Pontificia Universidad Católica de Chile. https://www.ocmal.org/wp-content/uploads/2017/05/huella-carbono-minera-chile.pdf Cardenas Barrios, D. B. (2017). <i>Cálculo de Huella de Carbono del Archivo Central Hochschild Mining sede Lima 2016 a través del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte</i>. Universidad Mayor de San Marcos. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7080/Cardenas_bd.pdf?sequence=1&isAllowed=y					

Tabla 37. Comparación Métodos Huella Hídrica

MÉTODO	REFERENCIA	ENFOQUE	PERÍMETRO	INFORMACIÓN	ACTIVIDADES
Water Footprint Manual	Water Footprint Network (2004)	Corporativo	Huella Hídrica Azul: Agua se incorpora en algún producto o es usada para brindar algún servicio. Huella Hídrica Verde: Agua que se incorpora a las plantas Huella Hídrica Gris: Agua dulce que se requiere para asimilar una carga de contaminantes y esta cumpla con los estándares de calidad	Mediciones de consumo de agua, encuestas, datos tomados directamente por medición y visitas, resultados de análisis de laboratorio, normativa local de calidad de agua, informes de monitoreo, datos bibliográficos	Procesos, productos, consumidores, naciones y organizaciones
ISO 14046	Organización Internacional de Normalización (2014)	Corporativo	Basado en Análisis de Ciclo de Vida: Escasez Disponibilidad Ecotoxicidad en agua dulce Eutrofización en agua dulce Salud humana Calidad de ecosistemas	Porcentaje de consumo de agua, cobertura de agua potable y de tratamiento de agua residual, datos de disponibilidad de agua, datos directos de estaciones de medición, datos de caudales de ríos y nivel freático de pozos, volumen de agua concesionada, balance hídrico	Productos, servicios, procesos y organizaciones
Documentos que incluyen la metodología utilizada					
Castro, Luis. (2014). <i>Huella Hídrica Extendida del Mineral de Cobre en el Perú</i>. MINAGRI, ANA, WWF, & COSUDE. (2015). <i>Huella hídrica del Perú. Sector agropecuario</i>. http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/huella_hidrica_final.pdf GAIA. (2017). <i>HUELLA HÍDRICA CORPORATIVA CELSIA 2016</i>. https://www.celsia.com/Portals/0/Documentos/PDF/Huella%20Hidrica%20Celsia%20Colombia%202016.pdf. WFN (2017). <i>Producción de fibras de viscosa: una evaluación de los problemas de sostenibilidad</i>. WFN (2017) <i>Guiando a los agricultores hacia la producción sostenible de algodón - Manejando la huella hídrica en las granjas de algodón. Materiales de capacitación para la participación de los agricultores. Fundación C&A</i> Ercin AE, Chico D. y Chapagain AK (2016) <i>Dependencias de la economía europea de otras partes del mundo en términos de recursos hídricos, Horizonte 2020 - Proyecto IMPREX</i>					