

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE CIENCIAS



“ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE UNA INDUSTRIA  
DE CONCRETO Y AGREGADOS EN SUS TRES ALCANCES”

Presentado por:

**María Olivia García Quiroz**

Tesis para Optar el Título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Lima – Perú

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE CIENCIAS

“ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE UNA INDUSTRIA  
DE CONCRETO Y AGREGADOS EN SUS TRES ALCANCES”

Presentado por:

**María Olivia García Quiroz**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Sustentada y aprobada por el siguiente Jurado:

---

Dra. María Isabel Manta Nolasco  
PRESIDENTE

---

Dra. Rosemary Vela Cardich  
MIEMBRO

---

M. Sc. Armando Aramayo Bazzetti  
MIEMBRO

---

M. Sc. Víctor Manuel Barrena Arroyo  
ASESOR

## DEDICATORIA

*A Dios por su infinito amor y ser mi soporte día a día, y por permitirme cumplir una de mis metas, la presente investigación.*

*A mi amado esposo, Andrés, por su amor y ejemplo de perseverancia.*

*A mis padres y suegros por sus consejos y apoyo en los trámites de mi tesis.*

## AGRADECIMIENTOS

*Al profesor Víctor Barrena Arroyo, de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM, por sus valiosos consejos y apoyo en el desarrollo de mi tesis.*

*A la profesora Judith Ramírez, de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM, por su asesoría en energías renovables, especialmente en el dimensionamiento solar de la presente investigación.*

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	OBJETIVOS .....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1	HUELLA DE CARBONO .....	3
2.2	ALCANCES DE LA HUELLA DE CARBONO.....	4
2.3	ORGANISMOS REFERENTES A LA HUELLA DE CARBONO .....	6
2.3.1	A NIVEL GLOBAL .....	6
2.3.2	A NIVEL DE PAÍSES .....	7
2.4	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:.....	8
2.5	ESTÁNDARES Y GUÍAS PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE UNA ORGANIZACIÓN .....	10
2.5.1	ISO 14064.....	10
2.5.2	“GHG PROTOCOL” - PROTOCOLO DE GEI.....	11
2.5.3	“BILAN CARBONE” - BALANCE DE CARBONO .....	12
2.5.4	PAS 2060:2010.....	13
2.6	TIPOS DE FUENTES DE EMISIÓN DE GEI Y SUS MÉTODOS DE CÁLCULO .....	14
2.6.1	COMBUSTIÓN MÓVIL.....	14
2.6.2	COMBUSTIÓN ESTACIONARIA .....	20
2.7	INDUSTRIA DE CONCRETO Y AGREGADOS .....	23
2.7.1	PRODUCCIÓN DE AGREGADOS .....	23
2.7.2	PRODUCCIÓN DEL CONCRETO.....	24
2.8	EXPERIENCIAS DE ORGANIZACIONES QUE HAN CALCULADO SU HUELLA DE CARBONO ORGANIZACIONAL .....	27
2.9	EXPERIENCIAS DE ORGANIZACIONES QUE HAN CALCULADO LA HUELLA DE CARBONO DE SUS PRODUCTOS .....	31
2.10	INDICADOR DE EMISIONES DE GEI POR CONCRETO PRODUCIDO 33	
2.11	ACTUALIDAD EN GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL MUNDO .....	35

III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1	MATERIALES .....	37
3.2	MÉTODOLOGÍA.....	38
3.2.1	FASE 1: DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO.....	38
3.2.2	FASE 2: COMPARACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL ALCANCE 3 RESPECTO A LOS ALCANCES 1 Y 2 .....	45
3.2.3	FASE 3: PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y OPORTUNIDADES DE MEJORA.....	45
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	46
4.1	FASE 1: DETERMINAR LA HUELLA DE CARBONO DE LA INDUSTRIA DE CONCRETO Y AGREGADOS .....	46
4.2	FASE 2: COMPARACIÓN DE EMISIONES MENSUALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL ALCANCE 3 RESPECTO A LOS ALCANCES 1 Y 2 .....	65
4.3	FASE 3: PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y OPORTUNIDADES DE MEJORA.....	70
V.	CONCLUSIONES .....	91
VI.	RECOMENDACIONES .....	92
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
VIII.	ANEXOS .....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Caracterización de estándares y/o guías</b> .....	14
<b>Tabla 2. Procesos productivos de una planta de concreto</b> .....	26
<b>Tabla 3. Alcances de la huella de carbono del MINAM</b> .....	28
<b>Tabla 4. Huella de carbono del MINAM</b> .....	28
<b>Tabla 5. Huella de carbono de UNICON</b> .....	29
<b>Tabla 6. Huella de carbono de Lanfarge Tarmac</b> .....	30
<b>Tabla 7. Huella de carbono de Oshkosh Corp</b> .....	31
<b>Tabla 8. Huella de carbono de productos de CEMEX</b> .....	32
<b>Tabla 9. Emisiones de GEI por unidad de producción</b> .....	33
<b>Tabla 10. Indicadores de rendimiento de la industria de concreto del Reino Unido</b> .....	34
<b>Tabla 11: Potenciales de Calentamiento Global</b> .....	43
<b>Tabla 12. Fuentes de emisión de GEI detalladas</b> .....	48
<b>Tabla 13. Fuentes de emisión de GEI de la industria de concreto y agregados</b> .....	49
<b>Tabla 14. Data de Actividad del diesel de los vehículos livianos y pesados de transporte terrestre</b> .....	50
<b>Tabla 15. Factores de Emisión de la combustión del diesel de los vehículos livianos y pesados de transporte terrestre</b> .....	51
<b>Tabla 16. Data de Actividad del diesel de los vehículos todo terreno</b> .....	51
<b>Tabla 17. Factores de Emisión de la combustión del diesel de los vehículos todo terreno</b> .....	52
<b>Tabla 18. Data de Actividad del diesel de los grupos electrógenos</b> .....	52
<b>Tabla 19. Factores de Emisión de la combustión del diesel de los grupos electrógenos</b> .....	53
<b>Tabla 20. Data de Actividad de extintores</b> .....	53
<b>Tabla 21. Datos de actividad del acetileno usado en equipos de corte</b> .....	54
<b>Tabla 22. Factores de Emisión de la combustión del acetileno usado en equipos de corte</b> .....	55
<b>Tabla 23. Data de actividad del GLP usado en cocinas para ensayos de granulometría de los agregados</b> .....	56
<b>Tabla 24. Factores de Emisión de la combustión del GLP usado en cocinas para ensayos de granulometría de los agregados</b> .....	56
<b>Tabla 25. Data de Actividad del transporte aéreo del personal</b> .....	57
<b>Tabla 26. Factores de Emisión del transporte aéreo del personal</b> .....	58
<b>Tabla 27. Huella de carbono detallada por tipo de fuente y alcance</b> .....	61
<b>Tabla 28. Comparativo de relación de tCO<sub>2e</sub>/m<sup>3</sup> de concreto premezclado</b> .....	64
<b>Tabla 29. Cuadro comparativo de alcances de huellas de carbono de empresas</b> ...	69
<b>Tabla 30. Aplicación de propuestas según porcentaje de la huella de carbono</b> .....	70

<b>Tabla 31. Consumo de diesel por tipo de vehículo en unidad de energía.....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 32. Factores de emisión de combustión móvil .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 33. Cálculo de emisiones de GEI de camiones mixer y volquetes por tipo de combustible .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 34. Factores de emisión de combustión estacionaria .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 35. Precios de grupos electrógenos .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 36. Costo anual de implementación .....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 37. Cálculo de emisiones de GEI de los grupos electrógenos.....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 38. Consumo de energético de equipos .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 39. Comparación de alternativas de reducción de emisiones para grupos electrógenos a diesel.....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 40. Recomendaciones de operación de cargador frontal para ahorro de combustible .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 41. Recomendaciones de operación de excavadora hidráulica para ahorrar combustible .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 42. Cálculo de reducción de emisiones de GEI de vehículos todo terreno ....</b>	<b>86</b>
<b>Tabla 43. Consolidado de la data de actividad aproximada de una industria de concreto y agregados .....</b>	<b>109</b>
<b>Tabla 44. Procedencia aproximada del personal por mes .....</b>	<b>124</b>
<b>Tabla 45. Distancia entre departamentos.....</b>	<b>125</b>
<b>Tabla 46. Pasajero de viajes aéreos x kilómetro .....</b>	<b>125</b>
<b>Tabla 47. Cálculo de emisiones de GEI del diesel utilizado en vehículos de transporte terrestre .....</b>	<b>126</b>
<b>Tabla 48. Cálculo de emisiones de GEI del diesel utilizado en vehículos todo terreno.....</b>	<b>126</b>
<b>Tabla 49. Cálculo de emisiones de GEI del diesel utilizado en grupos electrógenos .....</b>	<b>127</b>
<b>Tabla 50. Cálculo de emisiones de GEI de los extintores.....</b>	<b>127</b>
<b>Tabla 51. Cálculo de emisiones de GEI del acetileno utilizado en equipos de corte .....</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 52. Cálculo de Emisiones de GEI del GLP utilizado en cocinas para ensayos de granulometría de los agregados.....</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 53. Cálculo de emisiones del GEI del transporte aéreo del personal .....</b>	<b>129</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Tipos de alcances de la huella de carbono .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 2: Árbol de decisión para las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustible en vehículos terrestres .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 3. Árbol de decisión para las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes de la quema de combustible en los vehículos terrestres .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 4. Árbol de decisión para estimar las emisiones procedentes de las aeronaves (aplicado a cada gas de efecto invernadero) .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 5. Árbol de decisión general para estimar las emisiones de la combustión estacionaria .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 6. Composición típica del concreto premezclado .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 7. Emisiones antropógenas anuales de GEI totales por grupos de gases, 1970 - 2010 .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 8. Emisiones de gases de efecto invernadero por sector económico .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 9. Relación de guías internacionales respecto a los requisitos de la NTP ISO 14064-I: 2011 .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 10. Límites de la industria de concreto y agregados .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 11. Emisiones de la huella de carbono por tipo de fuente .....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 12. Comparativo de relación de tCO<sub>2e</sub>/m<sup>3</sup> de concreto premezclado Fuente: Elaboración propia.....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 13. Comparación del Alcance 3 respecto al Alcance 1.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 14. Esquema de alcances que comprende la huella de carbono de la industria de concreto y agregados.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 15. Comparativo de alcances de huellas de carbono.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 16. Procedencia promedio del personal .....</b>	<b>124</b>

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1. Requisitos de la NTP ISO 14064:1-2011.....</b>	<b>99</b>
<b>Anexo 2. Requisitos del PROTOCOLO DE GEI - Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte Del Protocolo De GEI.....</b>	<b>103</b>
<b>Anexo 3. Consolidado de la data de actividad aproximada de una industria de concreto y agregados .....</b>	<b>109</b>
<b>Anexo 4. Hoja de Seguridad del Diesel .....</b>	<b>110</b>
<b>Anexo 5. Hoja de Seguridad del Acetileno .....</b>	<b>116</b>
<b>Anexo 6. Hoja de Seguridad del GLP .....</b>	<b>118</b>
<b>Anexo 7. Data de actividad de los viajes aéreos .....</b>	<b>124</b>
<b>Anexo 8. Detalle del cálculo de emisiones de GEI por tipo de fuente .....</b>	<b>126</b>
<b>Anexo 9. Cálculo de la cantidad de paneles solares para la industria de concreto y agregados.....</b>	<b>130</b>
<b>Anexo 10. Cotización de sistemas de energía solar fotovoltaica.....</b>	<b>131</b>

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

CO <sub>2</sub> :	Dióxido de Carbono
CO <sub>2eq</sub> :	Dióxido de Carbono Equivalente
DA:	Data de actividad
DEFRA:	Del inglés: <i>Department for Enviroment, Food &amp; Rural Affairs</i> (Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales)
FONAM:	Fondo Nacional del Ambiente
GEI:	Gases de efecto invernadero
FE:	Factores de emisión de gases de efecto invernadero
IPCC:	Del inglés: <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático)
ISO 14064:	Del inglés: <i>International Organization for Standardization 14064</i> (Organización Internacional para la Estandarización – Cuantificación de Gases de Efecto Invernadero)
MINAM:	Ministerio del Ambiente del Perú
MINEM:	Ministerio de Energía y Minas del Perú
PCG:	Potencial de calentamiento global
WRI:	Del inglés: <i>World Resources Institute</i> (Instituto de Recursos Mundiales)

## RESUMEN

La presente investigación consistió en analizar la huella de carbono de una industria de concreto y agregados en sus tres alcances. Para ello, primero se calculó la huella de carbono tomando en cuenta los requisitos de la Norma Técnica Peruana ISO 14064-1:2011, los cuales fueron complementados con el Protocolo de GEI y las guías internacionales del IPCC y DEFRA. Se obtuvo un total de 4,869.50 toneladas de dióxido de carbono equivalente durante el periodo de Abril del año 2013 a Marzo del 2014.

En segundo lugar, se comparó los alcances de la huella de carbono, y resultaron mayores las emisiones de gases de efecto invernadero del Alcance 1 respecto a las emisiones del Alcance 3, y representaron el 90 por ciento de la huella de carbono, equivalente a 4,385.51 toneladas de dióxido de carbono equivalente, generado por las actividades de operación, transporte del concreto y los agregados de la industria, así como del transporte terrestre del personal, supervisión de las operaciones, mantenimiento de equipos y control de calidad de los agregados. En cambio, las emisiones del Alcance 3 representaron el 10 por ciento de la huella de carbono, y generaron 483.99 toneladas de dióxido de carbono equivalente, debido al transporte aéreo del personal de trabajo desde sus lugares de origen hacia el lugar de trabajo. Cabe mencionar que, no se generaron emisiones de gases de efecto invernadero del Alcance 2, debido a que el abastecimiento de energía eléctrica se realizó a través de grupos electrógenos de la misma industria, y por ende las emisiones que se generaron se contabilizaron en el Alcance 1.

Finalmente, se propusieron estrategias de reducción y oportunidades de mejora, las cuales podrían reducir aproximadamente 859.46 toneladas de dióxido de carbono equivalente, que representan el 17.65 por ciento de la huella de carbono de la industria de concreto y agregados. Estas propuestas están relacionadas principalmente al uso de energías renovables para el abastecimiento de energía en oficinas, cambio de la matriz energética por combustibles más limpios como el gas natural para los vehículos, y aplicar buenas prácticas en el uso de los equipos, para optimizar y reducir el consumo de combustible.

## **ABSTRACT**

This research is to analyze the carbon footprint of concrete and aggregates industry in three ranges. To do this, first, the carbon footprint was calculated considering the requirements of ISO 14064-1 International Standard: 2011, which were supplemented by the GHG Protocol, and IPCC and DEFRA international guidelines internments. A total of 4,869.50 tons of carbon dioxide equivalent was obtained during the period from April of 2013 to March of 2014.

Second, the three ranges of the carbon footprint were compared, and the result of emissions of greenhouse gases Scope 1 was higher than emissions Scope 3. The Scope 1 accounted for 90 percent of the carbon footprint, equivalent to 4385.51 tonnes of carbon dioxide equivalent generated by operating activities, transport of concrete and aggregates, land transport of personnel, supervision of operations, equipment maintenance and quality control of aggregates. Instead, Scope 3 emissions accounted for 10 percent of the carbon footprint, and generated 483.99 tonnes of carbon dioxide equivalent, due to staff air transport from their home to the workplace. It is noteworthy that, no emissions of greenhouse gases Scope 2 were generated, because the supply of electricity was conducted through gensets in the same industry, and, therefore, emissions that were generated were recorded in Scope 1.

Finally, reduction strategies and opportunities for improvement were proposed, which could reduce about 859.46 tons of carbon dioxide equivalent, accounting for 17.65 percent of the carbon footprint of the concrete and aggregates industry. These proposals are mainly related to the use of renewable energy for energy supply in offices, changing the energy matrix by cleaner fuels such as natural gas for vehicles fuel, and implementing good practices in the use of equipment, to optimize and reduce fuel consumption.

## I. INTRODUCCIÓN

Las Naciones Unidas (1992) reconocen que el cambio climático y sus efectos adversos son una preocupación común de toda la humanidad, ya que las actividades del hombre son las que están aumentando sustancialmente las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera que causan el cambio climático. Además, según MINAM (2014), esta preocupación se hace más latente y crítica especialmente en el Perú, ya que de acuerdo al Instituto Tyndall Center de Inglaterra, declara al Perú como el tercer país más vulnerable ante los efectos del cambio climático, siendo sus principales efectos los cambios en los patrones de lluvia, elevación del nivel del mar, retroceso de glaciares, intensidad y frecuencia del fenómeno de El Niño, presencia de olas de calor que intensifican la expansión de enfermedades, la reducción de la biodiversidad, la pérdida y la extinción de especies.

MINAM (2014) menciona que, en respuesta a ello se vienen generando iniciativas nacionales de gran envergadura para mitigar el cambio climático en el Perú, limitando y reduciendo de esta manera las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero, en adelante GEI, en la atmósfera terrestre. No obstante, para determinar y cuantificar la reducción de estos gases, se requiere necesariamente calcular la Huella de Carbono que, según Reed y Ehrhart citado por Calle, *et al* (2010), es la suma total de todas las emisiones directas e indirectas de GEI asociadas a las actividades de una organización, expresada en dióxido de carbono y contabilizada durante un periodo de tiempo específico. Además, según Calle, *et al* (2010), es un parámetro que permite medir el impacto que provocan las actividades del hombre sobre el ambiente, y tiene relevancia tanto en el cumplimiento con los crecientes y exigentes estándares internacionales así como en la mejora de los procesos productivos, que se traducen en ahorros significativos.

Es por ello que la presente investigación realiza el análisis de la huella de carbono organizacional en sus tres alcances de una instalación móvil de fabricación de

concreto y agregados de una zona de Apurímac, como caso de estudio; siendo el alcance uno las emisiones de GEI directas; el alcance dos, las emisiones de GEI indirectas por energía; y el alcance tres, otras emisiones indirectas de GEI. Además, se comparó especialmente los alcances uno y dos respecto al alcance tres de la huella de carbono, debido a que éste último alcance no es obligatorio para la huella de carbono pero es importante también.

Adicionalmente, los resultados obtenidos en la presente investigación podrían servir de guía para otras organizaciones del mismo rubro, y podrían tomarlo como referencia para otros rubros en cuanto al desarrollo del cálculo de la huella de carbono.

Así mismo, cabe mencionar que, se empleó información de una empresa privada del sector construcción, motivo por el cual no se referenció las fuentes en la presente investigación.

## **1.1 OBJETIVOS**

El objetivo general de la presente investigación fue:

- Comparar el Alcance 3 de la huella de carbono de una industria de concreto y agregados en Apurímac respecto a sus Alcances 1 y 2.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Determinar la huella de carbono de la industria de concreto y agregados en Apurímac.
- Evaluar la diferencia entre el alcance tres de la huella de carbono respecto a los alcances uno y dos.
- Proponer estrategias de reducción de la huella de carbono y oportunidades de mejora.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 HUELLA DE CARBONO

García (2013) y MINAM (2009), coinciden en que la huella de carbono se define como la medida del impacto que nuestras actividades tienen en el ambiente, especialmente en el cambio climático; y se mide a través de la suma de todas las emisiones directas e indirectas de Gases de Efecto Invernadero asociados una organización, producto, evento o personas que contribuyen al cambio climático. Por otro lado, García (2013) y AENOR (2011), señalan que existen cuatro ámbitos para calcular la huella de carbono, y son:

Huella de carbono de Organización: Aporta información sobre la cantidad de GEI emitidos por la actividad de una entidad o emplazamiento. Se expresa en toneladas (o kilogramos) de dióxido de carbono equivalente.

Huella de carbono de Producto: Aporta información sobre la cantidad de GEI emitidos a lo largo del ciclo de vida de un producto. Se expresa en toneladas (o kilogramos) de dióxido de carbono equivalente.

Huella de carbono de Eventos: Aporta información sobre la cantidad de GEI emitidos en la organización y desarrollo de un evento. Se expresa en toneladas (o kilogramos) de dióxido de carbono equivalente.

Huella de carbono de Personas: Aporta información sobre la cantidad de GEI emitidos por la actividad cotidiana de una persona. Se expresa en toneladas (o kilogramos) de dióxido de carbono equivalente.



## 2.2 ALCANCES DE LA HUELLA DE CARBONO

WRI, *et al.* (2005) menciona que, para ayudar a delinear las fuentes de emisiones directas e indirectas, mejorar la transparencia, y proveer utilidad para distintos tipos de organizaciones y de políticas de cambio climático y metas empresariales, se definen tres “alcances” para propósitos de reporte y contabilidad de GEI: alcance 1, alcance 2 y alcance 3. Los alcances 1 y 2 se definen cuidadosamente para asegurar que dos o más empresas no contabilicen emisiones en el mismo alcance. Además, las empresas deben contabilizar y reportar de manera separada los alcances 1 y 2, como mínimo.

### - Alcance 1: Emisiones directas de GEI

Son aquellas emisiones de GEI que provienen de fuentes propias o controladas, y que son principalmente resultados de los siguientes tipos de actividades, tales como de la generación de electricidad que generan emisiones como resultado de la combustión de calderas, hornos, turbinas, etc.; de procesos físicos o químicos, que generan emisiones resultantes de la manufactura o el procesamiento de químicos y materiales como cemento, aluminio, etc.; del transporte de materiales, productos, residuos y empleados, generan emisiones que resultan de la combustión de combustibles en fuentes móviles que son propiedad o están controladas por la empresa (camiones, trenes, barcos, aviones, autobuses y automóviles); emisiones fugitivas resultantes de la liberación intencional o no intencional de procesos, equipos, entre otros (WRI, *et al* 2005).

### - Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad

WRI, *et al* (2005), considera a las emisiones de la generación de electricidad adquirida que es consumida en sus operaciones o equipos propios o controlados. Las emisiones de este alcance 2 son una categoría especial de emisiones indirectas. Para muchas empresas, la electricidad adquirida representa una de las fuentes más importantes de emisión de GEI, y la oportunidad más significativa de reducir estas emisiones.

### - Alcance 3: Otras emisiones indirectas de GEI

Este alcance corresponde al resto de las emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni

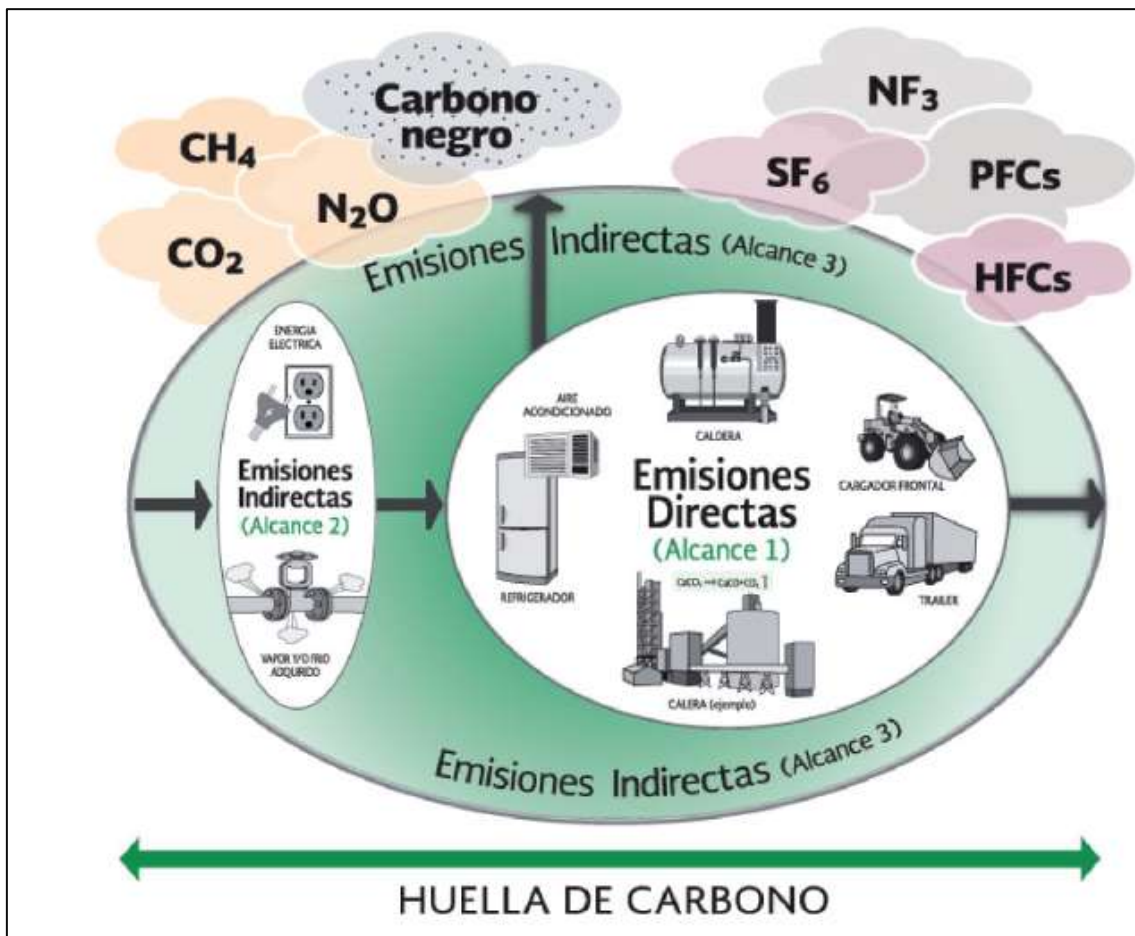
están controladas por la empresa. Por ejemplo, la extracción y producción de materiales y combustibles adquiridos, actividades relacionadas al transporte: transporte de materiales, bienes adquiridos y combustibles adquiridos; viajes de negocios de empleados, viajes de empleados de ida y vuelta al trabajo, transporte de productos vendidos, transporte de residuos.

WRI, *et al.* (2005) señala que este alcance es opcional, pero provee la oportunidad de innovar en la administración de GEI. Las empresas pueden enfocarse en contabilizar y reportar las actividades que son relevantes a sus negocios y metas, y para las que tienen información confiable. Dado que las empresas deciden de manera discrecional qué categorías reportar, el Alcance 3 puede no servir de mucho al hacer comparaciones entre empresas. Sin embargo son relevantes para las propias empresas por las siguientes razones:

- Representan un porcentaje alto (o se supone que lo hacen) respecto de las emisiones de Alcance 1 y 2 de la empresa.
- Contribuyen a la exposición del riesgo de GEI de la empresa.
- Son consideradas críticas por partes involucradas clave (retroalimentación de clientes, proveedores, inversionistas o sociedad civil).
- Existen reducciones potenciales de emisiones que pueden ser llevadas a cabo o influenciadas por la empresa.

Además, WRI, *et al.* (2005) menciona que, para contabilizar las emisiones del alcance 3 no necesariamente involucra un análisis de amplia magnitud del ciclo vida de los GEI de todos los productos y operaciones. Usualmente, es útil enfocarse en una o dos grandes actividades generadoras de GEI.

En la **Figura 1** se muestra una ilustración de los tipos de alcances de la huella de carbono.



**Figura 1. Tipos de alcances de la huella de carbono**

FUENTE: SEMARNAT, 2014

## 2.3 ORGANISMOS REFERENTES A LA HUELLA DE CARBONO

### 2.3.1 A NIVEL GLOBAL

- **GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)**

De acuerdo con el IPCC (2006), éste se autodefine como el organismo internacional para la evaluación del cambio climático, y fue establecido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en 1988. Actualmente se cuenta con las Directrices del IPCC del año 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, las cuales constituyen el resultado de la invitación efectuada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)

para actualizar las Directrices de la versión conformada en 1996, y la orientación de buenas prácticas asociadas, en las que brindan metodologías acordadas internacionalmente para que utilicen los países con el objeto de estimar los inventarios de gases de efecto invernadero e informarlos a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

### 2.3.2 A NIVEL DE PAÍSES

#### REINO UNIDO

- **DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE, ALIMENTACIÓN Y ASUNTOS RURALES DEL GOBIERNO DEL REINO UNIDO (DEFRA)**

De acuerdo con GOV.UK (2015), pertenece a uno de los departamentos del gobierno de Reino Unido, y que en conjunto con el departamento de Energía y Cambio Climático (DEEC – *Department of Energy & Climate Change*) elaboran documentos sobre la metodología para determinar los factores de emisión de los gases de efecto invernadero y también guías para realizar el cálculo para cuantificar los gases de efecto invernadero, elaboran además archivos de guía históricos, formatos, y además se encuentran actualizando la información continuamente.

#### PERÚ

- **COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL**

De acuerdo con MINAM (2014), este comité se creó el 21 de enero del año 1998, cuya secretaría es ejercida por el Ministerio del Ambiente del Perú. A la fecha son más de 100 normas técnicas peruanas aprobadas sobre protección del ambiente, ecoeficiencia, calidad de aire, agua y suelo, y residuos, gestionadas por este Comité. Además posee seis Subcomités Técnicos de Normalización-SCTN:

- ✓ SCTN Familia ISO 14000
- ✓ SCTN de Residuos Sólidos
- ✓ SCTN de Métodos de Monitoreo y medición de Estándar de Calidad Ambiental
- ✓ SCTN de Producción más limpia
- ✓ **SCTN de Gases de Efecto Invernadero**

✓ SCTN de Ecoeficiencia

- **INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD (INACAL)**

De acuerdo con PRODUCE (2015), es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de la Producción, responsable del funcionamiento del Sistema Nacional de la Calidad. El 22 de octubre del año 2015 se aprobó el inicio del proceso de transferencia de funciones del Servicio Nacional de Acreditación, Servicio Nacional de Metrología y de la Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias, del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual-INDECOPI, en lo correspondiente a la Normalización al Instituto Nacional de Calidad-INACAL.

La Dirección de Normalización de INACAL, en su calidad de Autoridad competente en Materia de Normalización, tiene por función aprobar las Normas Técnicas Peruanas (NTP) recomendables para todos los sectores, con el objetivo de ponerlas a disposición de los interesados. La elaboración de las NTP es desarrollada por los Comités Técnicos de Normalización, lo cual garantiza la participación pluralista de las partes involucradas en este ámbito. En la actualidad son más de cuatro mil normas aprobadas, entre ellas figura la NTP ISO 14064-I: Estándar internacional para emisiones de gases de efecto invernadero (INACAL 2015).

## **2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:**

- **GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)**

Los gases de efecto invernadero (GEI) son los componentes gaseosos de la atmósfera tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación a longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes (INDECOPI, 2011).

Dentro del marco del Protocolo de Kioto, se considera seis gases de efecto invernadero, los cuales lo conforman el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) (Naciones Unidas, 1998).

- **EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

Masa total de un GEI liberado a la atmósfera en un determinado periodo (INDECOPI, 2011).

- **REMOCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

Masa total de un GEI removido de la atmósfera en un determinado periodo (INDECOPI, 2011).

- **SUMIDERO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

Unidad o proceso físico que remueve un GEI de la atmósfera (INDECOPI, 2011).

- **FUENTE DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

Unidad o proceso físico que libera un GEI hacia la atmósfera (INDECOPI, 2011).

- **INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

Se define como la identificación y clasificación de las fuentes de GEI, sumideros de GEI, y estimación de las emisiones y remociones de GEI de una organización (INDECOPI, 2011).

- **DATOS DE ACTIVIDAD (DA)**

De acuerdo a INDECOPI (2011), son los datos de las actividades son una medida cuantitativa de la actividad que produce una emisión de GEI.

- **FACTOR DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (FE)**

De acuerdo a INDECOPI (2011), es el factor que relaciona los datos de la actividad con las emisiones de GEI.

- **FORZAMIENTO RADIATIVO (RF)**

El forzamiento radiativo es una medida del impacto ambiental de las emisiones de NO<sub>x</sub> (óxido nitroso) y vapor de agua cuando es emitido a gran altitud (DEFRA, 2013).

- **POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG)**

Según el INDECOPI (2011), es el factor que describe el impacto de la fuerza de radiación de una unidad con base en la masa de un GEI determinado, con relación a la unidad equivalente de dióxido de carbono en un periodo determinado.

- **DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE, CO<sub>2e</sub>**

Según INDECOPI (2011), es la unidad para comparar la fuerza de radiación de un GEI con el dióxido de carbono.

- **CATEGORÍA PRINCIPAL**

Es una categoría prioritaria en el sistema de inventarios nacionales porque su estimación influye significativamente sobre el inventario total de gases de efecto invernadero de un país, en cuanto al nivel absoluto, la tendencia, o la incertidumbre de emisiones y absorciones (IPCC, 2006).

## **2.5 ESTÁNDARES Y GUÍAS PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE UNA ORGANIZACIÓN**

Los estándares y guías para calcular la huella de carbono de una organización, según Ihobe (2013), son las siguientes:

### **2.5.1 ISO 14064**

Según SGS del Perú S.A.C. (2014), esta norma es parte de la familia ISO 14000 de normas internacionales para la gestión ambiental, y proporciona a la industria y al gobierno un conjunto de herramientas para desarrollar programas destinados a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, según INDECOPI (2011) consta de tres partes:

ISO 14064 - 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.

ISO 14064 - 2: Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero.

ISO 14064 - 3: Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero.

Para el caso del Perú, se cuenta con:

### **NTP ISO 14064- 1: 2011**

También llamada Norma Técnica Peruana ISO 14064-parte 1: 2011, la es una adopción de la Norma ISO 14064-1:2006 y posee cambios en cuanto a terminología empleada propia del idioma español en Perú, además ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001: 1995 y GP 002:1995. Fue elaborada en el 2011 por el Comité Técnico de Normalización de Gestión Ambiental, un organismo adscrito al Ministerio del Ambiente (INDECOPI, 2011).

INDECOPI (2011) indica que, la parte uno de esta Norma corresponde a la especificación con orientación a nivel de las organizaciones, y detalla los principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de inventarios de GEI para compañías y organizaciones, y para la presentación de informes sobre estos inventarios. Ver el detalle de los requisitos en el **Anexo 1**.

### **2.5.2 “GHG PROTOCOL” - PROTOCOLO DE GEI**

WRI, *et al.* (2005) señala que, la iniciativa del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Protocolo de GEI) es una alianza multipartita de empresas, organizaciones no gubernamentales, gobiernos y otras entidades, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales - WRI, ONG radicada en Estados Unidos, y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable-WBCSD, coalición integrada por 170 empresas internacionales, con sede en Ginebra, Suiza. La iniciativa fue lanzada en el año 1998 con la misión de desarrollar estándares de contabilidad y reporte para empresas aceptados internacionalmente y promover su amplia adopción. Este protocolo de GEI comprende dos estándares distintos, aunque vinculados entre sí:



- Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI: este documento provee una guía minuciosa para empresas interesadas en cuantificar y reportar sus emisiones de GEI, cubriendo la contabilidad y el reporte de emisiones de los seis GEI previstos en el «Protocolo de Kioto». Ver detalle de los requisitos en el **Anexo 2**.
- Estándar de Cuantificación de Proyectos del Protocolo de GEI: es una guía para la cuantificación de reducciones de emisiones de GEI derivadas de proyectos específicos.

De acuerdo a la AEC-Asociación Española de la Calidad (2014), el Protocolo de GEI es la herramienta internacional más utilizada para realizar el desarrollo y comunicación de inventarios de las emisiones de gases de efecto invernadero.

### **2.5.3 “BILAN CARBONE” - BALANCE DE CARBONO**

Ihobe (2013), menciona que el Bilan Carbone es una metodología desarrollada por la ADEME- Agencia de Medio Ambiente y Energía Francesa en materia de cálculo de la huella de carbono compatible con las metodologías definidas por la ISO 14064 y la iniciativa del GHG Protocol. El objetivo fundamental de la herramienta es proporcionar el mapa más amplio posible de emisiones asociadas a procesos relacionados con la actividad de empresas u organizaciones y es aplicable a todo tipo de actividades (industrial, residencial, servicios o sector público) comprendidas en el territorio francés. Las emisiones consideradas por esta metodología comprenden los seis gases definidos en el marco del «Protocolo de Kioto». La herramienta se compone de dos versiones:

- Una versión de negocios: utilizada para la evaluación de emisiones asociadas a las actividades del sector industrial.
- Una versión para las autoridades locales: compuesta por dos módulos, el de “activos y servicios” desarrollado para el cálculo de las emisiones asociadas a las actividades de la propia administración, y el de “territorio”, que permite el cálculo de las emisiones de todas aquellas actividades (industrial, agricultura, residencial,

servicios, etc.) en el territorio gestionado por la autoridad local. A continuación se muestran sus principios y el desarrollo de la metodología:

#### **2.5.4 PAS 2060:2010**

Las siglas PAS responden al acrónimo de *Public Available Specification* – Especificación Pública Disponible. En el caso de la PAS 2060:2010, esta norma ha sido elaborada por el British Standard Institution- Institución Británica de Estándares, y se ha desarrollado como una ampliación del concepto de la PAS 2050 (diseñada como metodología para el cálculo de huella de carbono asociadas a productos). Esta herramienta está dedicada al cálculo de emisiones de organismos (tanto públicos como privados), colectividades territoriales y particulares, pero va más allá puesto que sienta las bases para que la entidad que está realizando el cálculo alcance el objetivo de “neutralidad” mediante la cuantificación, reducción y compensación de las emisiones GEI asociadas a un producto, actividad, servicio o edificio. La norma se aplica a todas aquellas entidades que puedan demostrar que no generan un aumento neto en la emisión de GEI como consecuencia de sus actividades. Su implementación obliga no sólo al cálculo de la huella de carbono de la organización sino a establecer una serie de objetivos de reducción de emisiones en sus procesos, y como mecanismo para facilitar a las empresas estos objetivos de reducción se plantea la posibilidad de que la organización pueda compensar parte de aquellas emisiones que no sea capaz de reducir a través de la utilización de esquemas de compensación como los mecanismos derivados del «Protocolo de Kioto» o los mercados voluntarios. Además, esta metodología permite la verificación de la huella de carbono y la certificación de la neutralidad climática de la empresa (Ihobe, 2013).

A manera resumen se elaboró la **Tabla 1**, para comparar los estándares y guías anteriormente expuestas:

**Tabla 1. Caracterización de estándares y/o guías**

	<b>ISO 14064</b>	<b>Protocolo de GEI</b>	<b>Bilan Carbone</b>	<b>PAS 2060:2010</b>
<b>Organización responsable</b>	Organización Internacional de Normalización	World Business Council for Sustainable Development - World Resources Institute	ADEME	British Standard Institute
<b>Utilidad</b>	Huella de Carbono	Huella de Carbono	Huella de Carbono	Huella de Carbono y Compensación de emisiones
<b>Gases considerados</b>	Todos los GEI	6 incluidos en el Protocolo de Kioto (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SH <sub>6</sub> )	6 incluidos en el Protocolo de Kioto (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SH <sub>6</sub> )	6 incluidos en el Protocolo de Kioto (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SH <sub>6</sub> )
<b>Nivel de aplicación</b>	Organización	Organización/ Producto/ Servicio	Organización/ Producto/ Servicio	Organización/ Producto
<b>Tipo de emisiones de GEI</b>	Directas + Indirectas + Otras Indirectas	Directas + Indirectas+ Otras Indirectas	Directas + Indirectas + Otras Indirectas	Directas + Indirectas + Otras Indirectas
<b>Uso internacional</b>	Sí	Sí	No	Sí
<b>Certificación de verificación de la huella de carbono</b>	Sí	No	No	No
	Permite la certificación de la verificación de la huella de carbono a nivel ISO.	El Protocolo de GEI no es un estándar de verificación (ofrece guías para hacerlo verificable), y no certifica las verificaciones	El Bilan Carbone no es un estándar de verificación, y no certifica las verificaciones.	Permite sólo la certificación de la neutralidad climática de la organización
<b>FUENTE</b>	Ihobe, 2013	Ihobe, 2013	Ihobe, 2013	Ihobe, 2013

FUENTE: Elaboración propia

## 2.6 TIPOS DE FUENTES DE EMISIÓN DE GEI Y SUS MÉTODOS DE CÁLCULO

### 2.6.1 COMBUSTIÓN MÓVIL

De acuerdo con IPCC (2006), las fuentes móviles producen emisiones de gases de efecto invernadero de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) procedentes de la quema de diversos tipos de combustible, así como de varios otros contaminantes. Así también, estas emisiones, procedentes de la combustión móvil, se

estiman más fácilmente por la actividad principal de transporte, la cual posee las siguientes categorías:

#### **i. Navegación marítima y fluvial**

Según IPCC (2006), esta categoría de fuente cubre todo el transporte marítimo y fluvial desde lo recreativo hasta los grandes transatlánticos de carga impulsados principalmente por motores diesel de baja, media y alta velocidad y, en ocasiones, por turbinas de vapor o de gas. La navegación marítima y fluvial provoca emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), así como monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), material particulado (PM) y óxido nitroso (NO<sub>x</sub>).

#### **ii. Ferrocarriles**

Según IPCC (2006), menciona que las locomotoras suelen pertenecer a uno de los siguientes tres tipos diesel, eléctricas o a vapor:

- Las locomotoras diesel suelen tener motores diesel en combinación con un alternador o generador, para producir la electricidad necesaria para alimentar los motores de tracción. Estas locomotoras están comprendidas en tres grandes categorías: locomotoras de maniobras, coches automotores y locomotoras de arrastre en línea.
- Las locomotoras eléctricas funcionan con la electricidad generada en centrales eléctricas estacionarias y en otras fuentes. Las emisiones generadas por las centrales eléctricas estacionarias se abordan como emisiones de combustión estacionaria.
- Las locomotoras a vapor se utilizan para operaciones muy localizadas, principalmente como atractivos turísticos y, en consecuencia, su aporte a las emisiones de gases de efecto invernadero es pequeño. Para garantizar su exhaustividad, deben estimarse sus emisiones con un método similar al usado para las calderas de vapor convencionales, como combustión estacionaria.

### **iii. Transporte todo terreno**

Según IPCC (2006), esta categoría incluye los vehículos y la maquinaria móvil utilizados en la agricultura, silvicultura, industria (incluidos la construcción y el mantenimiento), el sector residencial y los sectores tales como el equipo de apoyo de tierra en los aeropuertos, los tractores agrícolas, las motosierras, los autoelevadores, las motos de nieve. Los tipos de motores usados típicamente en estos equipos todo terreno incluyen los motores de chispa de compresión (diesel), los de encendido por chispa (motor de gasolina), los motores de 2 tiempos y los motores de gasolina de 4 tiempos.

Por otro lado, USEPA (2005) considera a los cargadores frontales y excavadoras como parte de los equipos de la industria de la construcción como vehículo todo terreno o fuera de la carretera (*nonroad*).

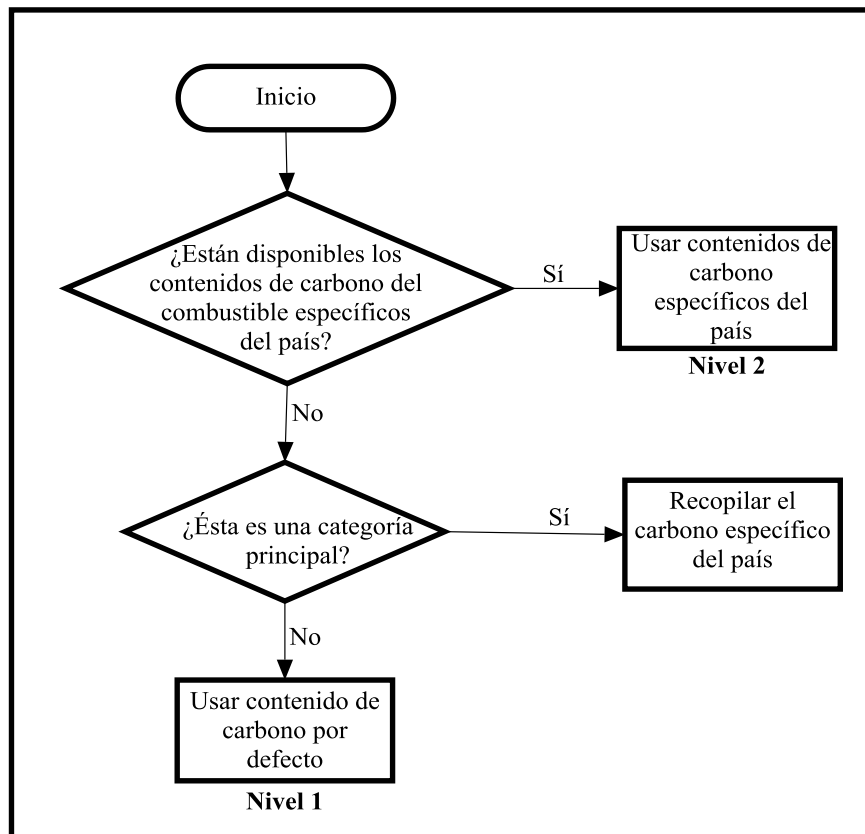
### **iv. Transporte terrestre**

Según IPCC (2006), esta categoría incluye los tipos de vehículos para servicio ligero, como automóviles y camiones para servicio ligero, y los vehículos para servicio pesado, como los tractores de remolque y los autobuses, y las motocicletas de ciudad (incluidos los ciclomotores, scooters y triciclos). Estos vehículos funcionan con muchos tipos de combustibles gaseosos y líquidos.

De acuerdo con IPCC (2006), para las emisiones de combustión móvil de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se selecciona el método de cálculo utilizando el árbol de decisión de la

**Figura 2.** Los métodos de cálculo se presentan en los siguientes niveles:

- Nivel 1: Este método se calcula multiplicando la data de actividad, que corresponde al combustible vendido, por el factor de emisión por defecto, que es igual al contenido de carbono del combustible multiplicado por 44/12.
- Nivel 2: Este método es igual al Nivel 1, con la excepción de que se utiliza el contenido de carbono específico del país del combustible vendido en el transporte terrestre Sin embargo, aún se aplica el factor de emisión basado en el contenido real de carbono de los combustibles consumidos en el país durante el año del inventario.



**Figura 2: Árbol de decisión para las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustible en vehículos terrestres**  
FUENTE: IPCC 2006

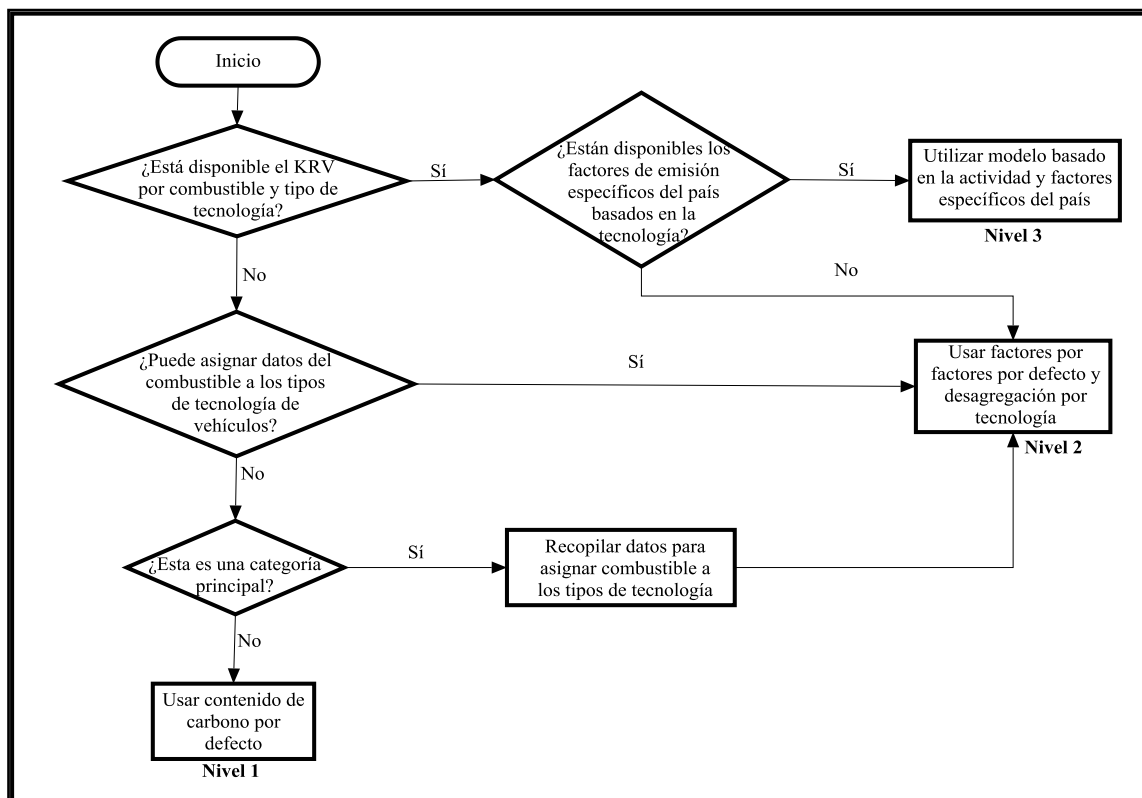
De acuerdo con IPCC (2006), para las emisiones de combustión móvil de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) se selecciona el método de cálculo utilizando el árbol de decisión de la **Figura 3**.

Los métodos de cálculo se presentan en los siguientes niveles:

- Nivel 1: Este método se calcula multiplicando la data de actividad, que corresponde al combustible consumido, por el factor de emisión por defecto.
- Nivel 2: Este método se calcula multiplicando el factor de emisión por la data de actividad, que corresponde al combustible consumido (representado por el combustible vendido) para una actividad de fuente móvil dada de acuerdo al tipo de combustible, tipo de vehículo y tipo de tecnología.

Nivel 3: Este método se calcula multiplicando el factor de emisión por la data de actividad, que corresponde a la distancia recorrida (KRV) durante la fase de funcionamiento térmicamente estabilizado del motor para una actividad de fuente móvil dada, de acuerdo al tipo de combustible, tipo de vehículo y tipo de tecnología

de control de emisiones (como conversor catalítico no controlado, etc.), condiciones de funcionamiento (por ejemplo tipo de carretera urbana, rural, clima, u otros factores ambientales). A este producto se le suma las emisiones durante la fase de calentamiento.



**Figura 3. Árbol de decisión para las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes de la quema de combustible en los vehículos terrestres**

KRV: kilómetros recorridos por el vehículo

FUENTE: IPCC 2006.

#### v. Aviación civil

Las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, indican que, la aviación es una fuente que incluye las emisiones procedentes de todos los usos comerciales civiles de los aviones, incluida la aviación civil y general, por ejemplo aviones agrícolas, aviones privados o helicópteros. Además, para fines del inventario de emisiones, se establece una distinción entre la aviación nacional e internacional (IPCC 2006).

Para seleccionar el método más adecuado para calcular las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) de la aviación civil, se utiliza el árbol de decisión indicado en la **Figura 4**.

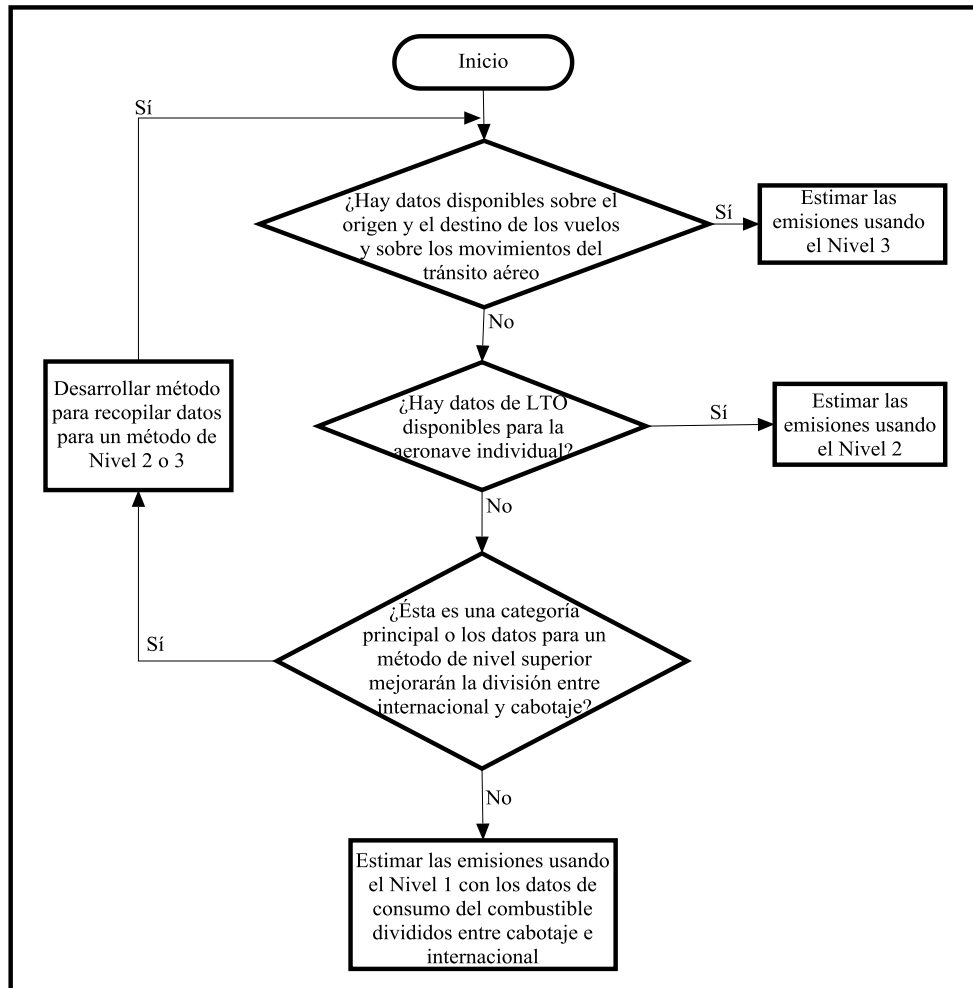
Los métodos de cálculo según IPCC (2006) son:

- Nivel 1: Este método se calcula multiplicando la data de actividad, que corresponde al combustible consumido, por el factor de emisión promedio.
- Nivel 2: Este método se calcula multiplicando los factores de emisión por la data de actividad, que corresponde a la cantidad de ciclos de aterrizaje y despegue (LTO) y el uso de combustible.
- Nivel 3: Este método se calcula multiplicando el factor de emisión por defecto por la data de actividad, que corresponde a los datos del origen y destino por tipo de aeronave (3A) o a los datos de movimiento para vuelos individuales (3B).

Para el método de Nivel 3A, IPCC (2006) indica que, se cuenta con la guía de inventario de emisiones de EMEP/CORINAIR para calcular las emisiones de la aeronave, la cual está continuamente sujeta a actualización y, se publica electrónicamente a través del sitio Web de la Agencia Europea del Medio Ambiente. No obstante, para el año 2013 se cuenta con la EMEP/EEA-Guía del inventario de emisiones de contaminantes del aire – 2013, la cual brinda orientación técnica para preparar los inventarios nacionales de emisiones; y según la Agencia Europea del Medio Ambiente (2015), dicha edición sustituye a todas las versiones anteriores, y además su Anexo “1.A.3.a de Aviación Actualizado GB2013 a Diciembre 2013”, se encuentra también en los documentos del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) del Gobierno de Reino Unido, específicamente en los documentos sobre la metodología para los factores de emisión de gases de efecto invernadero 2013, los cuales incluyen la influencia del forzamiento radiativo tanto en los factores directos como indirectos de GEI.

Para el método de Nivel 3B, IPCC (2006) indica que, se necesitan modelos informáticos sofisticados para hacer frente a todas las variables y cálculos de equipos, desempeño y trayectoria para todos los vuelos de un año dado.





**Figura 4. Árbol de decisión para estimar las emisiones procedentes de las aeronaves (aplicado a cada gas de efecto invernadero)**

FUENTE: IPCC 2006.

### 2.6.2 COMBUSTIÓN ESTACIONARIA

De acuerdo con IPCC (2006), las fuentes estacionarias producen emisiones de gases de efecto invernadero de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) procedentes de la quema de combustible, así como otros tipos de contaminantes. Las emisiones de los usos no energéticos de los combustibles se suelen incluir en el sector de procesos industriales y uso de productos. Las categorías de las fuentes de combustión estacionaria son:

#### **i. Industrias energéticas**

De acuerdo con IPCC (2006), incluye a las emisiones de los combustibles quemados por la extracción de combustibles o por las industrias de producción energética.

#### **ii. Comercial/ Institucional**

IPCC (2006) menciona que son las emisiones generadas por la quema de combustibles en edificios comerciales e institucionales.

#### **iii. Industrias manufactureras y de la construcción**

De acuerdo con IPCC (2006), son las emisiones por la quema de combustibles en la industria. Incluye asimismo la quema para la generación de electricidad y calor para el uso propio en estas industrias.

#### **iv. Residencial y Agricultura/ Silvicultura/ Pesca/ Piscifactorías**

De acuerdo con IPCC (2006), las subcategorías son:

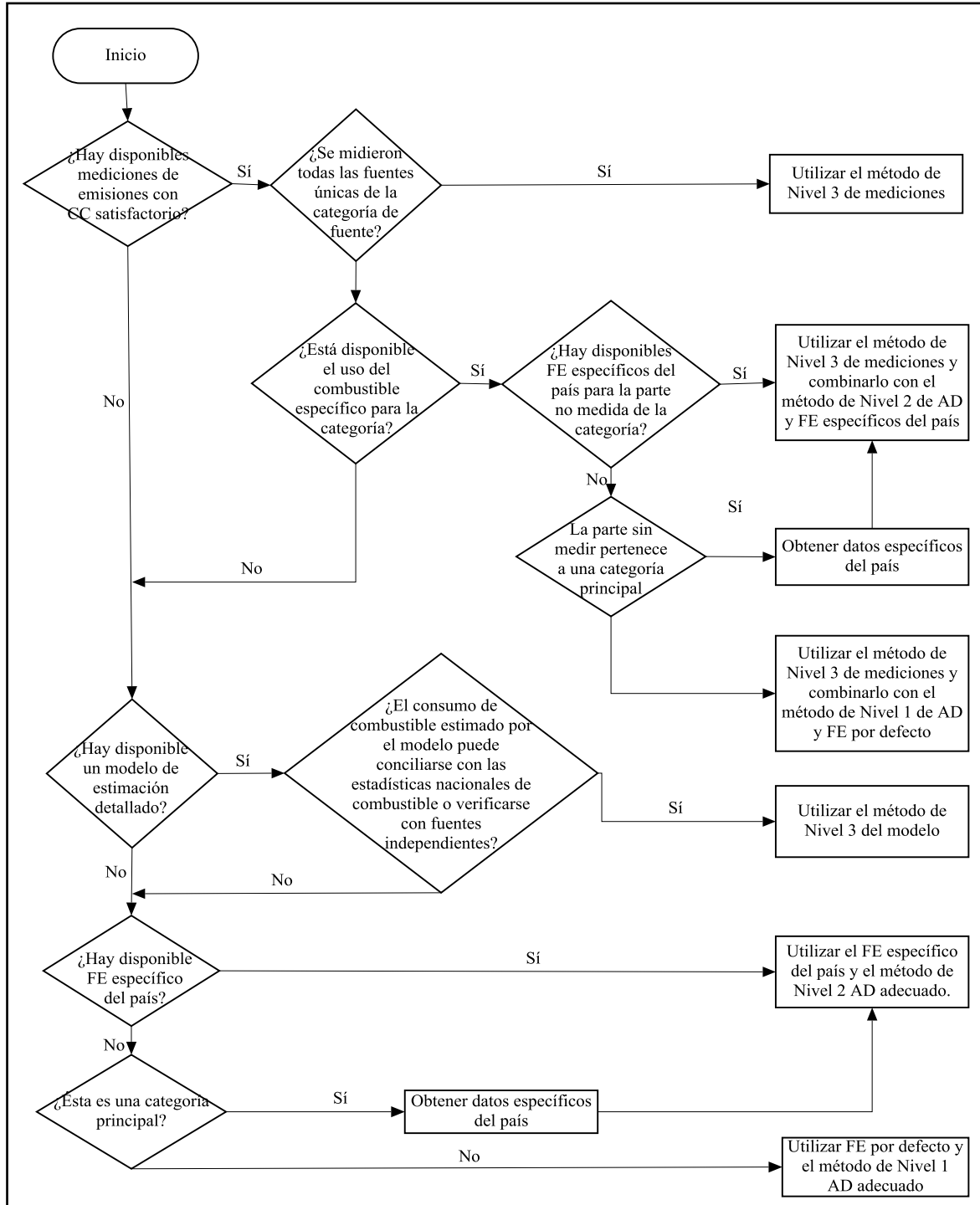
- Residencial: Todas las emisiones por la quema de combustible en hogares
- Agricultura/ Silvicultura/ Pesca/ Piscifactorías: Las emisiones de la quema de combustibles utilizados en agricultura, silvicultura, pesca e industrias pesqueras, tales como piscifactorías.

De acuerdo con IPCC (2006), para seleccionar el método de cálculo de las emisiones de combustión estacionaria de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), se utilizan el árbol de decisión ver **Figura 5**.

Los métodos de cálculo según IPCC (2006) son:

- Nivel 1: Este nivel se basa en la multiplicación de la data de actividad, que corresponde al combustible quemado, por el factor de emisión por defecto.
- Nivel 2: Este nivel se basa en la multiplicación de la data de actividad, que corresponde a la cantidad de combustible quemado, por el factor de emisión específico del país para la categoría de fuente y el combustible para cada gas.

- **Nivel 3:** Este nivel se basa en la multiplicación de la data de actividad, que corresponde a la cantidad de combustible quemado por tipo de tecnología, por el factor de emisión específico de un GEI por tipo de combustible y tecnología.



**Figura 5. Árbol de decisión general para estimar las emisiones de la combustión estacionaria**

AD: Data de Actividad; FE: Factor de Emisión; CC: Control de Calidad

FUENTE: IPCC 2006.

## **2.7 INDUSTRIA DE CONCRETO Y AGREGADOS**

El término industria está definido como el conjunto de operaciones necesarias para la obtención y transformación de la materia prima (RAE, citado por Vodanovic, 1993). En este caso, para definir la industria de concreto y agregados, se detalla a continuación sus operaciones:

### **2.7.1 PRODUCCIÓN DE AGREGADOS**

Los agregados son aquellos materiales granulares, los cuales pueden ser arena, piedra natural zarandeada o chancada. Por otro lado, los agregados ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía (UNICON, 2014).

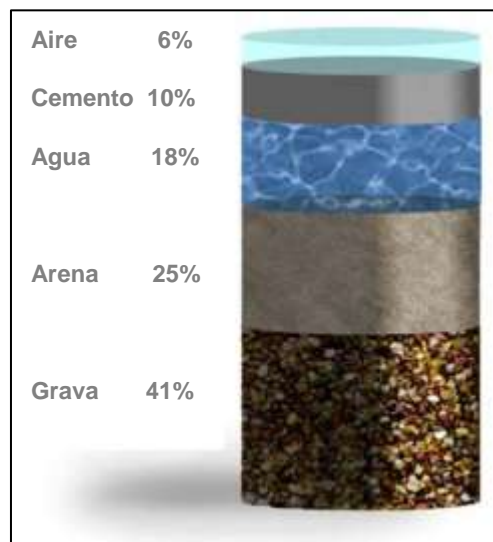
SEMARNAT (2001) menciona que una planta de agregados funciona con el apoyo de un equipo de triturado para transformar la materia prima (material en greña) en fragmentos que reúnan determinadas dimensiones. El material se transporta en camiones de volteo desde el banco de extracción o cantera y posteriormente se descarga en una tolva principal; una vez descargado el material en la tolva, el material baja y a su vez pasa por una sorteadora, la cual selecciona el material menor a 8 pulgadas de diámetro, y luego pasa a la banda transportadora 1 y es descargado en la criba 1, en este punto se obtiene la tierra la cual se almacena en grandes montículos. Los materiales libres de tierra pasan al molino para ser triturados y continuar hasta la banda transportadora 2 y descargarse en la criba 2 donde se generan los agregados de diferentes granulometrías, que luego son conducidos mediante las bandas transportadoras para formar los montículos de almacenamiento, todo aquel material mayor a  $\frac{3}{4}$  pulgadas pasa al cono para ser triturado y recirculado hacia la banda transportadora 2 y ser pasado por la criba 2. Finalmente, el material es almacenado en grandes montículos y cargado en los camiones de volteo a fin de enviarse para su venta. Los principales equipos y maquinarias son:

- Tolva de alimentación
- Cribas vibratorias
- Quebradora de impacto (molino)

- Cono triturador
- Bandas transportadoras
- Generadores diesel
- Camiones de volteo
- Cargadores frontales

### 2.7.2 PRODUCCIÓN DEL CONCRETO

CEMEX (2015) define al concreto como un material compuesto por cemento, agregados, agua y aditivos como ingredientes principales. En la **Figura 6** se muestra la composición típica del concreto premezclado.



**Figura 6. Composición típica del concreto premezclado**

FUENTE: NRMCA, 2012

De acuerdo con SEMARNAT (2008), las materias primas principales que se utilizan en la elaboración del concreto premezclado son la arena, grava, ya que estos representan el 70% del volumen total del concreto. Como insumos se tiene al cemento que proporciona la resistencia al concreto, el agua cruda que provoca la reacción química con el cemento. Además, se añaden aditivos a la mezcla del concreto para reducir el contenido de agua y mejorar la durabilidad del concreto. Los insumos para la maquinaria de mantenimiento del sitio y los equipos de producción de concreto premezclado consumen diesel, aceite y agua. Los principales equipos y maquinarias son:

- Tolvas de pesaje
- Silos de cemento
- Tolvas de agregados
- Bandas transportadoras
- Contador de agua
- Compresor de aire
- Colectores de polvo (captura polvos a la hora de cargar camiones revolvedores y también se emplean en los silos de cemento)
- Camiones revolvedores
- Cargadores frontales
- Bombas

Adicionalmente, SEMARNAT (2008) describe de manera general los procesos y operaciones principales de una planta de concreto móvil en la **Tabla 2**.

**Tabla 2. Procesos productivos de una planta de concreto**

<b>Proceso</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
Carga de materiales	Tolva báscula de agregados	En esta etapa los agregados (grava + arena), se pesan por medio de la tolva báscula siguiendo las proporciones establecidas en el sistema automático.
	Tolva báscula de cemento	Se pesan las cantidades establecidas en la proporción
	Bascula de agua	Se pesa la cantidad de agua establecida en la proporción
	Medidores de aditivos	Los medidores son empleados en la medición a volumen de los aditivos.
Preparación de materiales a agregar	Patio de agregados, grava y arena	Se elaboran pilas de 50 m <sup>3</sup> bajo las condiciones de saturación con agua y pre homogeneización, las pilas de los agregados por separado.
Transporte del patio de materiales a la planta dosificadora	Banda radial con criba vibratoria	Se depositan los agregados pasando por una criba, y por medio de una banda transportadora se alimentan las tolvas de recepción de agregados.
Descarga de materiales	Agregados	Los agregados se descargan por medio de una banda dosificadora simultáneamente con el cemento, agua y aditivos. EL cemento y el agua son descargados por gravedad, los aditivos por medio de aire comprimido.
Recepción de camión revolvedora	Mezclado	Se adicionan los materiales a la unidad revolvedora y se mezclan durante 3 minutos (7.0 m <sup>3</sup> ) a una velocidad de 12 a 18 rpm, asado el tiempo de mezclado se verifica por control de calidad. Se verifica su trabajabilidad y aseguramiento de calidad verifica que cumpla con las especificaciones. La unidad se retira a la obra llevando el concreto a una velocidad de agitación de 3 a 6 rpm.

FUENTE: SEMARNAT, 2008

## 2.8 EXPERIENCIAS DE ORGANIZACIONES QUE HAN CALCULADO SU HUELLA DE CARBONO ORGANIZACIONAL

En Perú:

### a) Ministerio del Ambiente –MINAM

De acuerdo con A2G S.A.C. (2010), el Ministerio del Ambiente (en adelante MINAM) es el ente rector del sector ambiental nacional quien coordina con los gobiernos locales, regionales y el gobierno central. Tiene como funciones y objetivos el velar por el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que los sustenta. En el año 2009 calculó su huella de carbono de las actividades de la instalación que estuvo ubicada inicialmente en el distrito de San Borja y posteriormente en el mes de Octubre se mudó al distrito de San Isidro, donde trabajaron un total de 188 colaboradores entre las sedes de San Borja (145 trabajadores), San Isidro (40 trabajadores) y La Molina, que es un almacén (3 trabajadores). En el desarrollo de dichas actividades se identificaron las siguientes fuentes de emisiones de GEI:

- Consumo de combustible en vehículos propios
- Consumo de energía eléctrica
- Transporte local
- Transporte aéreo nacional e internacional
- Transporte terrestre nacional
- Consumo de agua
- Consumo de papel
- Transporte de casa al trabajo

Para clasificar las fuentes identificadas se siguieron los lineamientos del Protocolo de GEI, tanto por su aplicabilidad como reconocimiento mundial en el cálculo de la huella de carbono. En la **Tabla 3** se muestra su clasificación por tipo de alcance.



**Tabla 3. Alcances de la huella de carbono del MINAM**

<b>ALCANCE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<i>Alcance 1</i>	<i>Emisiones directas del MINAM</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de combustible en vehículos propios</li> </ul>	Corresponde al consumo de combustible (diesel y gasolina) de los vehículos que son propiedad del MINAM.
<i>Alcance 2</i>	<i>Se incluye las emisiones por el consumo de energía, considerando que este servicio es prestado por un tercero. Estas son consideradas emisiones indirectas.</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de energía eléctrica</li> </ul>	Incluye el consumo total de energía de las oficinas y almacén donde se desenvuelve o desarrolló MINAM
<i>Alcance 3</i>	<i>Incluye otras emisiones indirectas debidas a la actividad del MINAM. Estas fuentes no son consideradas en el Alcance 1 ni en el Alcance 2</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Transporte local</li> </ul>	Corresponden a esta fuente todos los desplazamientos que han tenido los trabajadores a nivel local por motivos laborales.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Transporte aéreo nacional</li> </ul>	Esta fuente corresponde a los viajes aéreos que realizó el personal del MINAM a nivel nacional.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Transporte aéreo internacional</li> </ul>	Esta fuente corresponde a los viajes aéreos que realizó el personal del MINAM a nivel internacional.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Transporte terrestre nacional</li> </ul>	Esta fuente corresponde a los viajes del personal cuyo transporte se realiza vía terrestre a nivel nacional.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de agua</li> </ul>	Esta fuente corresponde al consumo de agua en las oficinas y almacén del MINAM
<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de papel</li> </ul>	Esta fuente corresponde al consumo de papel en las oficinas y almacén del MINAM
<ul style="list-style-type: none"> <li>Transporte de casa al trabajo</li> </ul>	Esta fuente corresponde al traslado de los colaboradores, del hogar al trabajo y viceversa.

FUENTE: A2G S.A.C., 2010

A2G S.A.C. (2010) menciona que, para todas estas fuentes de emisiones de GEI se calcularon un total de 678 tCO<sub>2e</sub> (toneladas de dióxido de carbono equivalente) emitidas durante el año de estudio, lo que ha resultado en un indicador per cápita de 3.6 tCO<sub>2e</sub>/colaborador. En la **Tabla 4** se muestra el detalle de la huella de carbono de acuerdo a sus tres alcances.

**Tabla 4. Huella de carbono del MINAM**

<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>	<b>tCO<sub>2e</sub></b>	<b>%</b>
Alcance 1	56.80	8.42
Alcance 2	83.67	12.40
Alcance 3	534.17	79.18
<b>Total</b>	<b>678</b>	

FUENTE: A2G S.A.C., 2010

**b) Unión de Concreteras S.A.**

UNICON (2013) menciona que es una empresa líder en el mercado peruano con más de 50 años de experiencia en la producción de concreto premezclado, además produce agregados, bloques, ladrillos, y prefabricados. En el año 2013 realizó el cálculo certificado de las emisiones de GEI de la planta de concreto de San Juan (Lima), en base a los lineamientos del ISO 14064-1, dicha medición se realizó sobre las emisiones del año 2012, las cuales fueron 7,973 tCO<sub>2</sub>, 85% de ellas por el proceso de suministro y transporte de concreto. Cabe añadir que, en el año 2012 se adquirió un camión mixer con motor a gas natural, y se convirtieron 8 camiones mixer de diesel a gas natural. El consumo de energía del año 2012 fue: 2'233,585.0 gal de petróleo, 84,583 kg de gas natural y 15'428,087 Kw/h.

UNICON (2014) en su Reporte de Sostenibilidad 2014 menciona que, las plantas de concreto de San Juan y Materiales (Lima) generaron 10,754 tCO<sub>2e</sub> en el año 2013, equivalente a 0.02 tCO<sub>2e</sub>/m<sup>3</sup> por concreto despachado. Además, continúan con la estrategia de modernización de camiones bomba y mixer de motor diesel a gas natural. En el año 2013 se incrementó en un 300% la flota de camiones a gas natural a comparación del año 2012, lo cual redujo las emisiones de GEI y se ahorró en un 42% los costos respecto al diesel. Adicionalmente, se cambió la matriz energética de las plantas fijas de concreto (de diesel a energía eléctrica), lo cual redujo también las emisiones de GEI. En la **Tabla 5** se muestra los resultados del cálculo de la huella de carbono.

**Tabla 5. Huella de carbono de UNICON**

<b>Huella de Carbono organizacional</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Emisiones de GEI (toneladas de CO <sub>2e</sub> )	7,973	10,754

FUENTE: UNICON, 2014

**c) Ecolodge Ulcumano**

La investigación realizada por Calle, *et al* (2010) sobre la medición de la huella de carbono del Ecolodge Ulcumano tiene como resultado que 0,17 kg de CO<sub>2e</sub>/huésped por noche. Resaltando que, esta huella de carbono es baja a comparación de un hotel de ciudad, además con dicho cálculo se identificó que las principales actividades

generadoras de gases de efecto invernadero son producidas por la iluminación, la preparación y conservación de alimentos, el calentamiento de agua y el transporte logístico y de huéspedes.

En Reino Unido:

**d) Lafarge Tarmac**

Lafarge Tarmac es una empresa que se formó en el año 2013 y es una subsidiaria propiedad de Lafarge S.A. y Anglo American plc. En el Reino Unido, es el principal proveedor de productos de construcción y soluciones constructivas, posee 6,948 empleados, 120 canteras, 74 plantas de asfalto, 7 plantas de cemento, 100 plantas de concreto premezclado que proveen más de 500 formulaciones diferentes de concreto (Lafarge Tarmac, 2014).

Lafarge Tarmac (2014) menciona que, en el año 2014 calculó la huella de carbono de sus operaciones, basándose en el Protocolo de GEI. En la **Tabla 6** se detalla los resultados por tipo de alcance.

**Tabla 6. Huella de carbono de Lanfarge Tarmac**

<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>	<b>tCO<sub>2e</sub></b>	<b>%</b>
Alcance 1	3,231,829	85
Alcance 2	340,468	9
Alcance 3	226,501	6
<b>Total</b>	<b>3,798,798</b>	

FUENTE: Lafarge Tarmac, 2014

En Estados Unidos:

**e) Oshkosh Corp**

Oshkosh Corp (2014) menciona que es un fabricante global con sede en Wisconsin y fue fundada en el año 1917. Tiene operaciones de fabricación en ocho estados de Estados Unidos, así como en Australia, Bélgica, Canadá, China, Francia, México y Rumania. Posee más de 12,000 empleados y 28 instalaciones de fabricación. Sus segmentos comerciales son equipos de acceso, vehículos militares de defensa, vehículos de fuego y emergencia, vehículos de recolección de basura y plantas de concreto premezclado.

Oshkosh Corp (2014) señala que, sus emisiones totales de GEI en el año 2014 fueron de 180,700 toneladas de dióxido de carbono, los cuales se muestran en la **Tabla 7**, destacando que el alcance 3 comprende las emisiones generadas por los viajes de negocios.

**Tabla 7. Huella de carbono de Oshkosh Corp**

<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>	<b>tCO<sub>2e</sub></b>	<b>%</b>
Alcance 1	70,000	38.7
Alcance 2	102,000	56.4
Alcance 3	8,700	4.9
<b>Total</b>	<b>180,700</b>	

FUENTE: Oshkosh Corp, 2014

## **2.9 EXPERIENCIAS DE ORGANIZACIONES QUE HAN CALCULADO LA HUELLA DE CARBONO DE SUS PRODUCTOS**

En Perú:

### **a) Topy Top S.A.- PERÚ**

Según Salas, *et al* (2009) esta empresa textil ha calculado la huella de carbono de su producto final, teniendo como resultado 3,62 kg de CO<sub>2e</sub>/kg de producto terminado, de las emisiones directas de gases de efecto invernadero. En este estudio también se reveló que la mayor contribución de generación de gases de efecto invernadero se da en actividades relacionadas con el uso de petróleo, tal como el transporte y producción de fibras de algodón.

### **b) Agrícola Athos S.A.- PERÚ**

Esta empresa es una industria peruana de productos frescos, que ha realizado el cálculo de la huella de carbono de uno de sus productos, en este caso del espárrago y según CER (2010) indica que por cada kilo de espárrago exportado se generan 2,01 kg CO<sub>2e</sub>, y por 5,000 toneladas de espárragos exportados al año se generan 10,050 tCO<sub>2e</sub>. Atribuyendo que de estos resultados, el 65% es generado por fertilizantes y el 9% por energía eléctrica.

En México:

c) **Cemex**

Cemex es una compañía global de soluciones para la industria de la construcción que ofrece productos y servicios en más de 50 países en el mundo, posee más de 43,000 empleados y tiene una capacidad de producción anual de 93 millones de toneladas de cemento al año, 53 millones de metros cúbicos de concreto premezclado y 148 millones de toneladas de agregados (arena, piedra). Posee 56 plantas de cemento con 12 adicionales de participación minoritaria, 1,608 plantas de concreto premezclado, 305 canteras de agregados, 242 centros de distribución y 61 terminales marítimos. En la **Tabla 8** se muestra los resultados de la huella de carbono de productos de CEMEX, los cuales fueron verificados de acuerdo a los estándares de certificación del DNV y considerando los requisitos del ISO 14067 y el Protocolo de la WBCSD/WRIGHG “Norma para la Contabilización del Ciclo de Vida del Producto e Informes” (CEMEX 2015).

**Tabla 8. Huella de carbono de productos de CEMEX**

<b>Huella de Carbono - promedio anual</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Cemento (kg CO <sub>2e</sub> /ton)	770	769	769
Agregados (kg CO <sub>2e</sub> /ton)	5.0	4.7	4.7
Concreto premezclado (kg CO <sub>2e</sub> /m <sup>3</sup> )	277	265	265

FUENTE: CEMEX, 2015

En Reino Unido:

d) **Lafarge Tarmac**

Lafarge Tarmac es una empresa que se formó en el año 2013 y es una subsidiaria propiedad de Lafarge S.A. y Anglo American plc. En el Reino Unido, es el principal proveedor de productos de construcción y soluciones constructivas, posee 6,948 empleados, 120 canteras, 74 plantas de asfalto, 7 plantas de cemento, 100 plantas de concreto premezclado que proveen más de 500 formulaciones diferentes de concreto (Lafarge Tarmac, 2014).

Lafarge Tarmac (2014) menciona que, en el año 2014 calculó la huella de carbono de sus operaciones, basándose en el Protocolo de GEI. En la **Tabla 9** se detalla las emisiones generadas por unidad de producción.

**Tabla 9. Emisiones de GEI por unidad de producción**

<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/unidad de producción</b>
Roca triturada	3.05
Arena y grava	3.65
Asfalto	26.75
Concreto premezclado	1.02
Cemento	758.92

FUENTE: Lafarge Tarmac, 2014

Cabe mencionar que cuando la especificación permite, se baja aún más la huella de carbono del concreto mediante el diseño con altos niveles de materiales cementantes secundarios, como la escoria de alto horno granulada molida a partir de la fabricación de acero o cenizas volantes procedentes de centrales eléctricas, para reemplazar una proporción de clinker de cemento (Lafarge Tarmac, 2014).

## **2.10 INDICADOR DE EMISIONES DE GEI POR CONCRETO PREMEZCLADO**

### **2.10.1 Indicador de emisiones de GEI por m<sup>3</sup> de concreto producido – REINO UNIDO**

MPA The Concrete Centre (2014) indica que es una institución del Reino Unido que proporciona el material, diseño y orientación en la construcción; su objetivo es permitir a todos los implicados en el diseño, uso y rendimiento del concreto y mampostería para realizar el potencial de estos materiales. Los datos que se presentan en la **Tabla 10** se basan en la información proporcionada por las industrias de concreto del Reino Unido (representado por las empresas que se han inscrito en la Estrategia de Construcción Sostenible de la Industria del Concreto) y son indicadores de emisiones de CO<sub>2</sub> generados tanto por la producción de concreto premezclado como del transporte del mismo. Las emisiones de GEI se calcularon con los factores de emisión del DEFRA y con los datos de producción como del transporte del concreto. El indicador se obtuvo de la relación de la cantidad de emisiones de GEI generadas por la producción y el transporte del concreto respecto a la producción anual concreto premezclado.

**Tabla 10. Indicadores de la industria de concreto del Reino Unido**

<b>Emisiones por proceso</b>	<b>Indicador</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Emisiones de CO <sub>2</sub> - Producción	Emisiones de CO <sub>2</sub> como proporción de la producción. Mezcla balanceada (kg CO <sub>2</sub> /ton concreto producido)	88.60	85.6	85.2
	Emisiones de CO <sub>2</sub> como proporción de la producción. Mezcla estandarizada (kg CO <sub>2</sub> /ton concreto producido)	82.90	78.9	<b>79.7</b>
Emisiones de CO <sub>2</sub> - Transporte	Emisiones de CO <sub>2</sub> del transporte de suministro a través de la cadena de suministro de la industria como una proporción de la producción (kg CO <sub>2</sub> /ton concreto)	7.70	8.2	<b>8.5</b>

FUENTE: MPA The Concrete Centre, 2014

Considerando los datos del año 2013, se tendría un indicador de 93.7 kg CO<sub>2</sub>/toneladas de concreto, el cual incluye las emisiones de GEI de la producción del concreto de una mezcla estandarizada y el transporte del suministro del concreto premezclado.

### **2.10.2 Indicador de emisiones de GEI por m<sup>3</sup> de concreto producido – PERÚ**

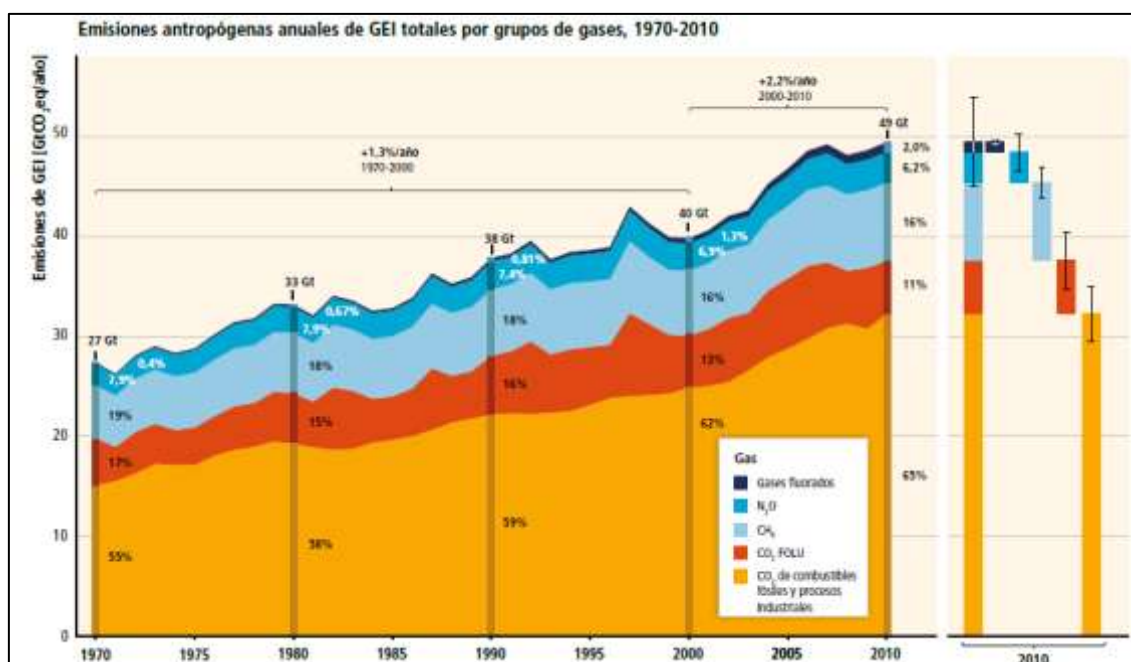
UNICON (2013) menciona que, ASPECON - Asociación Peruana de Productores de Concreto Premezclado, es una asociación creada en el año 2012 con la finalidad de promover el buen uso del concreto premezclado y mejorar el proceso de control de calidad, seguridad y sostenibilidad en las construcciones de concreto. Dada la reciente creación de esta asociación, aún no se cuenta con indicadores de emisión de gases de efecto invernadero por concreto premezclado producido, sin embargo existe el compromiso en cuanto a la sostenibilidad ambiental en la producción del concreto.

Por otro lado, respecto a las construcciones en donde se ve involucrado el concreto, CAPECO (2010) menciona que, de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente de Edificios Sustentables e Iniciativa Climática, las edificaciones son responsables de consumir entre el 30% y 40% de la energía globalmente, tal como lo confirma el IPCC en su cuarto reporte, en el cual indica que las edificaciones producen 8.6 gigatoneladas de emisiones de

CO<sub>2e</sub>. Así también CAPECO (2010) indica que, el sector más contaminante y potencial reductor de emisiones de carbono es el sector de la construcción. Es por ello que dada su participación en el Perú Green Building Council, posee la misión de adaptar las buenas prácticas de la construcción sostenible.

## 2.11 ACTUALIDAD EN GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL MUNDO

Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero (GEI) totales han continuado en aumento de 1970 a 2010 y los mayores aumentos decenales absolutos se han producido al final de ese periodo. A pesar de que cada vez es mayor el número de políticas de mitigación del cambio climático, las emisiones de GEI anuales aumentaron en promedio 1,0 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO<sub>2eq</sub>) (2,2%) por año entre 2000 y 2010, cifra que contrasta con las 0,4 GtCO<sub>2eq</sub> (1,3%) por año entre 1970 y 2000. Las emisiones antropógenas de GEI totales entre 2000 y 2010 fueron las más altas en la historia de la humanidad y llegaron a 49 (±4,5) GtCO<sub>2eq</sub> en 2010. Tal como se muestra en la **Figura 7** (IPCC, 2015).



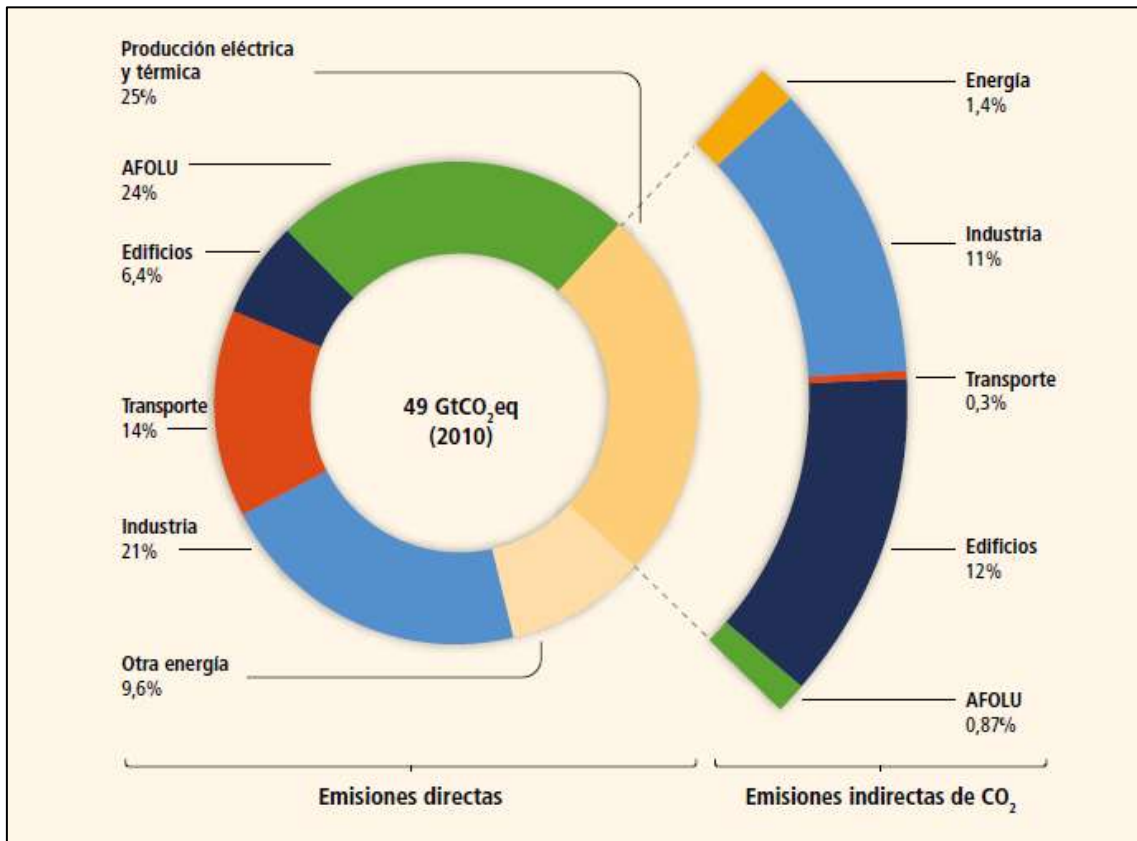
**Figura 7. Emisiones antropógenas anuales de GEI totales por grupos de gases, 1970 - 2010**

FUENTE: IPCC, 2014

De acuerdo con IPCC (2015), las emisiones antropógenas anuales han aumentado en 10 GtCO<sub>2eq</sub> entre 2000 y 2010, aumento que corresponde de forma directa a los sectores del suministro de energía (47%), la industria (30%), el transporte (11%) y los edificios



(3%). La contabilización de las emisiones indirectas hace que aumenten las contribuciones de los sectores de los edificios y la industria. Desde 2000 las emisiones de GEI han ido en aumento en todos los sectores, excepto en el de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU). En la **Figura 8**, se muestra al distribución de las 49 ( $\pm 4,5$ ) GtCO<sub>2eq</sub> emitidas en 2010 en los diferentes sectores económicos.



**Figura 8. Emisiones de gases de efecto invernadero por sector económico**  
FUENTE: IPCC, 2015

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIALES**

##### **3.1.1. Datos de estudio**

Se tomó como estudio de caso una instalación móvil de fabricación de concreto y agregados de una zona de Apurímac, la cual tiene la finalidad de abastecer de concreto premezclado a un gran proyecto de construcción. Cabe mencionar que, la empresa encargada del proyecto de construcción realizó la nivelación del terreno (el cual presentó vegetación predominantemente de pajonal altoandino) en un área de 5.7 hectáreas aproximadamente, para la instalación de la industria mencionada. Se empleó datos de campo de una empresa privada del sector construcción del periodo de Abril del año 2013 a Marzo del año 2014, tales como el consumo de combustible y productos químicos generadores de GEI en grupos electrógenos, vehículos y equipos; cantidad de extintores y viajes aéreos aproximados.

##### **3.1.2. Computadora**

Se utilizó una computadora portátil, Pentium IV.

##### **3.1.3. Software de hojas de cálculo Microsoft Excel 2010**

Se utilizó el software de hojas de cálculo Microsoft Excel 2010, para organizar los datos y calcular la huella de carbono.

##### **3.1.4. Normas internacionales**

- NTP ISO14064-1:2011 Gases de Efecto Invernadero Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.
- Protocolo de GEI- Estándar corporativo de contabilidad y reporte
- Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de GEI

- Documento sobre la metodología para los factores de emisión- DEFRA (Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Gobierno del Reino Unido)

## 3.2 MÉTODOLÓGÍA

La presente investigación se desarrolló en tres fases, las cuales fueron las siguientes:

### 3.2.1 FASE 1: DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO

Para la presente investigación se utilizó la NTP ISO 14064-1:2011, ya que, ésta es la única norma que permite obtener la certificación de la verificación de la huella de carbono de una organización y además está adaptada a la realidad peruana de la norma ISO 14001-I: 2006. Tal y como se muestra en la **Figura 9**, se aplicaron los requisitos 3 y 4 de la NTP ISO 14064-1:2011 para obtener el cálculo de la huella de carbono, además de las guías internacionales del IPCC y DEFRA para complementar dichos requisitos, los cuales se detallan:

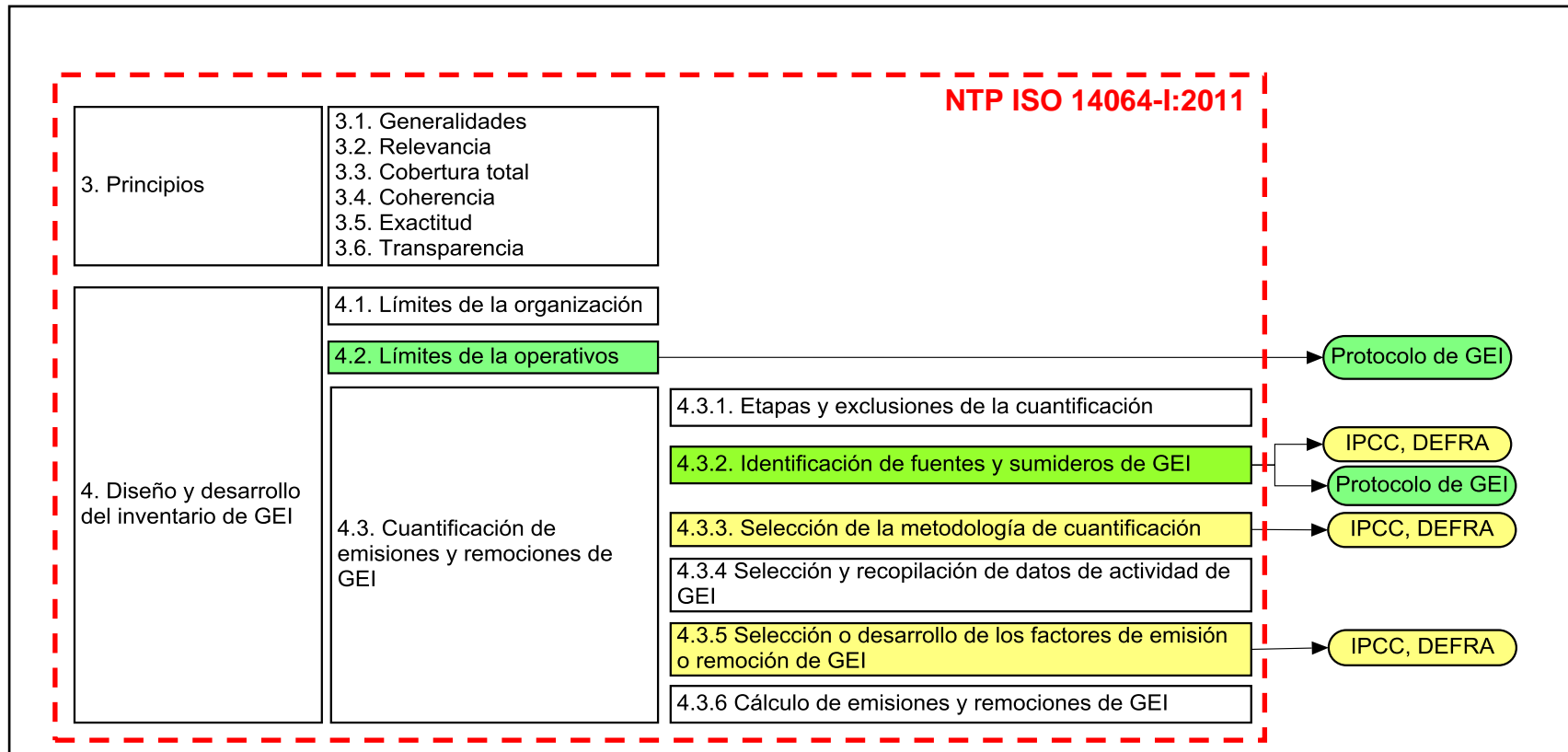
Requisito 4.2.- Para ayudar a delinear las fuentes de emisiones directas e indirectas de la industria de concreto y agregados, mejorar la transparencia y proveer utilidad para otras organizaciones, se empleó el Protocolo de GEI para asignar el término “alcance” a los tipos de emisiones que contempla la NTP ISO 14064-1:2011.

- Alcance 1: emisiones directas
- Alcance 2: emisiones indirectas por energía
- Alcance 3: otras emisiones indirectas de GEI

Requisito 4.3.2.- Este requisito indica que la organización debe, según sea apropiado, categorizar las fuentes de emisión de GEI identificados. Para ello, se empleó las categorías del Protocolo de GEI, las cuales son: combustión fija, combustión móvil, emisiones de proceso y emisiones fugitivas (ver detalle en inciso v del **Anexo 2**). Así también, se complementó con las guías del IPCC y DEFRA la identificación de los tipos de fuentes (ver detalle en el capítulo 2.6 de la revisión bibliográfica).

Requisito 4.3.3.- Se seleccionaron las metodologías del IPCC para calcular las emisiones de GEI de fuentes de combustión estacionaria y móvil de combustibles, y se seleccionó la metodología del DEFRA para calcular las emisiones de los viajes aéreos.

Requisito 4.3.3.- Los factores de emisión de GEI seleccionados provinieron de las guías del IPCC y del DEFRA.



**Figura 9. Relación de guías internacionales respecto a los requisitos de la NTP ISO 14064-I: 2011**

FUENTE: Elaboración propia

Para facilitar el cálculo de la huella de carbono en la presente investigación, se desglosó en los siguientes pasos:

#### PASO 1: DETERMINAR EL LÍMITE DE LA ORGANIZACIÓN Y SU LÍMITE OPERATIVO

En cumplimiento del requisito 4.1 y 4.2 de la NTP ISO 14064-1:2011, este paso tiene la finalidad de definir el límite de la organización que consiste en seleccionar el enfoque, el cual puede ser el de control o el de cuota de participación correspondiente (ver detalle en inciso iii del **Anexo 1**); y de establecer los límites operativos, los cuales involucran la identificación de las emisiones asociadas a las operaciones y su clasificación en emisiones directas, emisiones indirectas por energía y otras emisiones indirectas (ver detalle en el inciso iv del **Anexo 1**).

#### PASO 2: EXCLUSIONES DE LA CUANTIFICACIÓN

De acuerdo con el requisito 4.3.1 de la NTP ISO 14064-1:2011, la organización debe explicar por qué se excluyen de la cuantificación determinadas fuentes o sumideros de GEI.

#### PASO 3: IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE EMISIÓN DE GEI

Para la identificación de las fuentes de emisión de GEI, se elaboraron dos tablas.

La primera deberá poseer lo siguiente:

- Los tipos de emisiones de gases de efecto invernadero: emisiones directas (alcance 1), indirectas por energía (alcance 2) y otras emisiones indirectas de GEI (alcance 3).
- Los procesos asociados a las fuentes de emisión GEI, así como los equipos, maquinaria y el tipo de combustible. Esta información se obtuvo de datos de campo referenciales del sector construcción.
- Las categorías de combustión fija (S), combustión móvil (M), emisiones de proceso (P) y emisiones fugitivas (F) a las que corresponden las fuentes de emisión de GEI, de acuerdo con el Protocolo de GEI y las guías del IPCC y DEFRA.

En la segunda tabla, se procedió a agrupar los vehículos livianos y pesados de transporte terrestre, los vehículos todo terreno, los equipos móviles, los equipos fijos y aviones. Todos ellos de acuerdo al tipo de combustible, alcance y a la categoría de fuente de GEI.

#### PASO 4: SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN

Se aplicó el método de estimación más simple y común para cuantificar los gases de efecto invernadero, propuesto por INDECOPI (2011), que consiste en el producto de los Datos de Actividad (conformada por la información sobre el alcance hasta el cual tiene lugar la actividad humana) con los Factores de Emisión (que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria). Su ecuación unitaria es la siguiente:

$$\mathbf{Emisiones = DA * FE} \quad \dots(1)$$

Donde:

Emisiones : Emisiones de gases de efecto invernadero, expresados en dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2e</sub>)

DA : Datos de las actividades de la industria de concreto y agregados

FE : Factor de emisión de gases de efecto invernadero

A partir de la fórmula 1, se generaron las fórmulas 2 y 3, que corresponden a las emisiones del Alcance 1 y 3 respectivamente:

$$\mathbf{Emisiones_{Alcance 1}} \quad \dots(2)$$

$$= \frac{(DA * FE_{CO_2}) + (DA * FE_{CH_4} * PCG_{CH_4}) + (DA * FE_{N_2O} * PCG_{N_2O})}{1000}$$

Donde:

Emisiones<sub>Alcance 1</sub> : Emisiones de GEI del Alcance 1, expresadas en tCO<sub>2e</sub>

DA : Datos de actividad, expresado en TJ

FE<sub>CO<sub>2</sub></sub> : Factor del dióxido de carbono, expresado en kg CO<sub>2</sub>/TJ

FE<sub>CH<sub>4</sub></sub> : Factor del metano, expresado en kg CH<sub>4</sub>/TJ

FE<sub>N<sub>2</sub>O</sub> : Factor del óxido nitroso, expresado en kg N<sub>2</sub>O/TJ

PCG<sub>CH<sub>4</sub></sub> : Potencial de calentamiento global del metano, ver **Tabla 11**

PCG<sub>N<sub>2</sub>O</sub> : Potencial de calentamiento global del óxido nitroso, ver **Tabla 11**

$$Emisiones_{Alcance\ 3} = \frac{(DA * FE_{GEI\ directas}) + (DA * FE_{GEI\ indirectas})}{1000} \quad \dots(3)$$

Donde:

$Emisiones_{Alcance\ 3}$ : Emisiones de GEI de la fuente de emisión F7, expresadas en tCO<sub>2e</sub>

DA : Datos de actividad, expresado en pkm

$FE_{GEI\ directas}$  : Factor de emisiones directas generadas por las personas que viajan en avión por motivos de trabajo, expresadas en kg CO<sub>2e</sub>/pkm

$FE_{GEI\ indirectas}$ : Factor emisiones indirectas asociadas a la extracción, refinación y transporte del combustible de aviación en el avión antes de despegar, expresado en kg CO<sub>2e</sub>/pkm

El cálculo de la huella de carbono de la industria de concreto y agregados se resume en la fórmula 4:

$$HC = (Emisiones_{Alcance\ 1} + Emisiones_{Alcance\ 3}) \quad \dots(4)$$

Donde:

HC : Huella de Carbono de la industria de concreto y agregados

$Emisiones_{Alcance\ 1}$  : Emisiones de GEI del Alcance 1, expresadas en tCO<sub>2e</sub>

$Emisiones_{Alcance\ 3}$  : Emisiones de GEI del Alcance 3, expresadas en tCO<sub>2e</sub>

Cabe mencionar que para poder expresar las emisiones de metano y óxido nitroso en las unidades de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2e</sub>), se les debe de multiplicar por su respectivo potencial de calentamiento global para 100 años, de acuerdo a los valores establecidos por el IPCC (2007) indicados en la **Tabla 11**.

**Tabla 11: Potenciales de Calentamiento Global**

Potencial de calentamiento	
Gases	Para 100 años
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	25
N <sub>2</sub> O	298

FUENTE: IPCC 2007



## PASO 5: SELECCIÓN DE LOS DATOS DE ACTIVIDAD Y LOS FACTORES DE EMISIÓN DE GEI

Los datos de actividad (DA) de la industria de concreto se seleccionaron de acuerdo a las fuentes de emisión de GEI identificadas en el paso 3, y se obtuvieron de datos de campo aproximados del sector construcción durante el periodo de Abril del 2013 hasta Marzo del año 2014. Tales como el consumo de combustible por tipo de vehículo o equipo, cantidad de extintores, cantidad de viajes del personal de su lugar de origen al lugar de trabajo.

Los factores de Emisión (FE) se seleccionaron de acuerdo a las fuentes de emisión de GEI identificadas y se emplearon los valores de los factores de emisión internacionales propuestos por las Directrices para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2006) y el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del gobierno del Reino Unido (DEFRA, 2013). No se emplearon factores de emisión de Perú, debido a que no se cuenta con ellos a excepción de los factores del sector energía.

## PASO 6: CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Este paso resulta de la aplicación de los pasos anteriores y la utilización de las fórmulas 2, 3 y 4, con la finalidad de obtener la huella de carbono de la industria de concreto y agregados. Todo ello respetando los principios de contabilidad, los cuales son relevancia, cobertura total, coherencia, exactitud y transparencia.

Una vez obtenida la huella de carbono de la industria de concreto y agregados, con fines de comparación se estimó un indicador que consiste en la relación de las emisiones de GEI por m<sup>3</sup> de concreto premezclado producido. Para ello se empleó la información de la huella de carbono organizacional de otras industrias de concreto y su producción de concreto premezclado, las cuales figuran en el capítulo 2.8 de la revisión bibliográfica. Por último, se comparó con el indicador de emisiones de GEI por m<sup>3</sup> de concreto premezclado producido del Reino Unido, el cual figura en el capítulo 2.10 de la revisión bibliográfica.

### **3.2.2 FASE 2: COMPARACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI DEL ALCANCE 3 RESPECTO A LOS ALCANCES 1 Y 2**

Una vez determinada la huella de carbono de la industria de concreto y agregados, se procedió a comparar los alcances de la huella de carbono, de la siguiente manera:

#### **A) Comparación de la huella de carbono de la industria de concreto y agregados por tipo de alcance.-**

Para ello, se elaboró un gráfico circular de la huella de carbono por tipo de alcance para realizar la comparación del Alcance 3 versus los Alcances 1 y 2. Adicionalmente, se elaboró un esquema de los alcances que comprende la huella de carbono de la industria de concreto y agregados.

#### **B) Comparación de los alcances de la huella de carbono de la industria de concreto y agregados respecto a otras empresas.-**

Se emplearon los datos de las emisiones de GEI por tipo de Alcance de las empresas que figuran en la revisión bibliográfica del capítulo 2.8, y para compararlas se elaboró un gráfico de barras.

### **3.2.3 FASE 3: PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y OPORTUNIDADES DE MEJORA**

Se propusieron estrategias de reducción a las fuentes de emisión de GEI que obtuvieron un porcentaje mayor al 25% del total de la huella de carbono; y a las fuentes de emisión que obtuvieron un porcentaje menor se propusieron oportunidades de mejora, con el fin de poderlas aplicar posteriormente para reducir la huella de carbono de la industria de concreto y agregados.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se presentan los resultados y discusiones de las tres fases en las cuales se divide la presente investigación:

### 4.1 FASE 1: DETERMINAR LA HUELLA DE CARBONO DE LA INDUSTRIA DE CONCRETO Y AGREGADOS

#### PASO 1: DETERMINAR EL LÍMITE DE LA ORGANIZACIÓN Y SU LÍMITE OPERATIVO

##### a) Límites de la organización

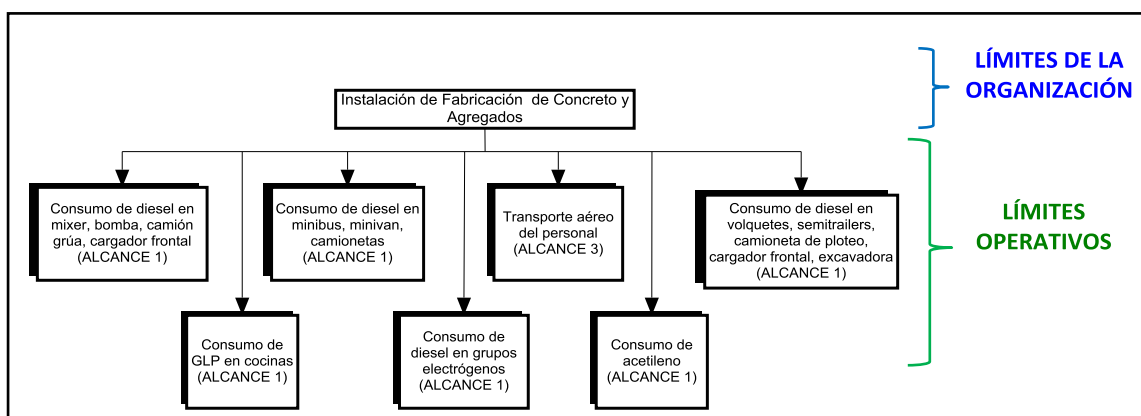
Para la presente investigación se consideró una instalación de fabricación de concreto y agregados de la zona de Apurímac con el enfoque de control, dado que ésta tiene autoridad plena para introducir e implementar sus políticas operativas en sus operaciones. El cálculo de la huella de carbono comprendió el periodo desde Abril del año 2013 a Marzo del año 2014.

##### b) Límite operacionales

Para la presente investigación se establecieron los siguientes alcances:

- **Alcance 1 (emisiones directas):** Pertenecen a este alcance las emisiones de GEI generadas por el consumo de combustibles de los vehículos, maquinaria y equipos utilizados para el desarrollo de las actividades de la industria de concreto y agregados.
- **Alcance 2 (emisiones indirectas por energía):** Por tratarse de una instalación móvil y dada la ubicación de la industria de concreto y agregados en una zona de Apurímac que carecía de cobertura de red eléctrica, además no se empleó calor ni vapor de origen externo para las operaciones de la industria. Motivos por los cuales no se pudo contabilizar emisiones en este alcance.
- **Alcance 3 (otras emisiones indirectas):** Corresponden a este alcance las emisiones de GEI generadas por el transporte aéreo del personal desde su lugar de procedencia al trabajo y viceversa.

En la **Figura 10** se muestra los límites de la organización y los límites operativos de la industria de concreto y agregados en Apurímac.



**Figura 10. Límites de la industria de concreto y agregados**

FUENTE: Elaboración propia

## PASO 2: EXCLUSIONES DE LA CUANTIFICACIÓN

Se excluyeron del cálculo las emisiones de GEI que generan los residuos sólidos, dado que se desconocen las emisiones de GEI del transporte de la EPS-RS al relleno sanitario, así como las emisiones que se generan en el relleno por la descomposición de los residuos.

## PASO 3: IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE EMISIÓN DE GEI

Se elaboró la **Tabla 12**, en la cual se identificaron las fuentes de emisión de GEI a partir de sus procesos, sus equipos y/o maquinarias utilizadas, tipo de combustible y categorías de fuentes de emisión de GEI.

**Tabla 12. Fuentes de emisión de GEI detalladas**

Tipo de emisiones de GEI	Alcance de la huella de carbono	Procesos	Fuentes de emisión de GEI		Categoría de fuente de emisión de GEI: Fija (S), Movil (M), Proceso (P), Fugitiva (F)
			Equipo/maquinaria	Combustible	
Directas	1	Producción de Concreto y Agregados	Grupo Electrónico	Diesel	S
			Cargador Frontal	Diesel	M
			Excavadora	Diesel	M
			Camión - grúa	Diesel	M
			Extintores	Dióxido de carbono	S
Directas	1	Supervisión	Camionetas	Diesel	M
Directas	1	Suministro de productos	Mixer	Diesel	M
			Bomba	Diesel	M
			Semitrailer	Diesel	M
			Camioneta de ploteo	Diesel	M
			Volquetes	Diesel	M
Directas	1	Mantenimiento de equipos	Equipos de corte	Acetileno	S
Directas	1	Calidad del agregado	Cocina para ensayos de granulometría	GLP	S
Directas	1	Transporte terrestre del personal	Minibús	Diesel	M
			Minivan	Diesel	M
Otras indirectas	3	Transporte aéreo del personal	Aviones	Queroseno	M

FUENTE: Elaboración propia

En la **Tabla 13** se puede apreciar siete fuentes de emisión de GEI identificadas para la industria de concreto y agregados.

**Tabla 13. Fuentes de emisión de GEI por tipo de equipo/maquinaria y combustible**

Alcance de la huella de carbono	Fuentes de emisión de GEI	Categoría de fuente de emisión de GEI: Fija (S), Movil (M), Proceso (P), Fugitiva (F)
1	<b>Emisiones de diesel de vehículos livianos y pesados de transporte terrestre:</b> camión-grúa, camionetas, mixer, bombas, volquetes, semitrailer, camioneta de ploteo, minibús, minivan	M
	<b>Emisiones de diesel de vehículos todo terreno:</b> cargador frontal, excavadora	M
	Emisiones de diesel de grupos electrógenos	S
	Emisiones de dióxido de carbono de extintores	S
	Emisiones de acetileno usado en equipos de corte	S
	Emisiones de GLP usado en cocinas para ensayos de granulometría	S
3	Emisiones del transporte aéreo del personal	M

FUENTE: Elaboración propia

#### **PASO 4: SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN**

Para el cálculo de la huella de carbono se aplicaron las fórmulas 2, 3 y 4 presentadas en el capítulo 3.2 de la Metodología. Los resultados se detallan en el paso 6.

#### **PASO 5: DETERMINAR LOS DATOS DE ACTIVIDAD Y LOS FACTORES DE EMISIÓN DE GEI**

De acuerdo a las fuentes de emisión identificadas en la **Tabla 13**, se determinó la data de actividad y los factores de emisión. Cabe mencionar que el consolidado de la data de actividad se encuentra en el **Anexo 3**.

- **EMISIONES DE DIESEL DE VEHÍCULOS LIVIANOS Y PESADOS DE TRANSPORTE TERRESTRE**

Data de Actividad (DA)

Esta data corresponde a la cantidad aproximada mensual del consumo de diesel (en galones) de las camionetas, camión-grúa, mixer, bombas, volquetes, semitrailer, camioneta de ploteo, minibús, minivan. Para facilitar el cálculo con los factores de emisión, se convirtió a Tera Joules la “DA” expresada en galones de Diesel, empleando para ello la fórmula 5 que contiene los datos de la densidad del Diesel (870 kg/m<sup>3</sup>) y su respectivo valor calórico neto (45.5 TJ/Gg), los cuales se obtuvieron de la hoja de seguridad del Diesel presentada en el **Anexo 4**. Los datos de actividad en unidades de energía se muestran en la **Tabla 14**.

$$DA_{\text{conversión a TJ}} = DA_{\text{gal Diesel}} * \left( \frac{0.0037854 \text{ m}^3}{\text{gal}} * \frac{870 \text{ kg}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ Gg}}{1000000 \text{ kg}} * \frac{45.5 \text{ TJ}}{\text{Gg}} \right) \dots(5)$$

**Tabla 14. Data de Actividad del diesel de los vehículos livianos y pesados de transporte terrestre**

Meses	Unidades	
	Galones	Tera Joules
<b>abr-13</b>	18,147.21	2.7193
<b>may-13</b>	16,691.10	2.5011
<b>jun-13</b>	11,698.50	1.7293
<b>jul-13</b>	1,457.60	2.1840
<b>ago-13</b>	14,736.30	2.2081
<b>sep-13</b>	10,405.60	1.5592
<b>oct-13</b>	9,671.10	1.4491
<b>nov-13</b>	10,534.30	1.5785
<b>dic-13</b>	9,158.20	1.3723
<b>ene-14</b>	11,061.30	1.6575
<b>feb-14</b>	13,062.20	1.9573
<b>mar-14</b>	12,682.00	1.9004

FUENTE: Elaboración propia

### Factor de Emisión (FE)

Estos factores corresponden a las emisiones de combustión móvil de los vehículos livianos y pesados de transporte terrestre que fueron obtenidos de las guías del IPCC 2006, los cuales se muestran en la **Tabla 15**.

**Tabla 15. Factores de Emisión de la combustión del diesel de los vehículos livianos y pesados de transporte terrestre**

Factores de emisión	Valor	Fuente
$FE_{(CO_2)}$	74,100 kg CO <sub>2</sub> / TJ	IPCC:2006 Vol. 2 Cap. 3 Cuadro 3.2.1
$FE_{(CH_4)}$	3.9 kg CH <sub>4</sub> / TJ	IPCC:2006 Vol. 2 Cap. 3 Cuadro 3.2.2
$FE_{(N_2O)}$	3.9 kg N <sub>2</sub> O/ TJ	

FUENTE: Elaboración propia

### • EMISIONES DE DIESEL DE LOS VEHÍCULOS TODO TERRENO

#### Data de Actividad (DA)

Esta data corresponde a la cantidad aproximada mensual del consumo de diesel (en galones) de los cargadores frontales y excavadoras. Para facilitar el cálculo con los factores de emisión, se convirtió a Tera Joules la DA expresada en galones de Diesel, empleando para ello la fórmula 5.

**Tabla 16. Data de Actividad del diesel de los vehículos todo terreno**

Meses	Unidades	
	Galones de Diesel	Tera Joules
<b>abr-13</b>	4,011.79	0.6011
<b>may-13</b>	4,330.20	0.5273
<b>jun-13</b>	2,812.00	0.4214
<b>jul-13</b>	4,276.00	0.6407
<b>ago-13</b>	4,441.00	0.6655
<b>sep-13</b>	2,515.00	0.3769
<b>oct-13</b>	3,775.00	0.5657
<b>nov-13</b>	3,254.50	0.4877
<b>dic-13</b>	2,879.40	0.4315
<b>ene-14</b>	2,484.00	0.3722
<b>feb-14</b>	1,679.00	0.2516
<b>mar-14</b>	2,402.00	0.3599

FUENTE: Elaboración propia



### Factor de Emisión (FE)

Estos factores corresponden a las emisiones de combustión móvil de los vehículos todo terreno que fueron obtenidos del IPCC 2006, los cuales se muestran en la **Tabla 17**.

**Tabla 17. Factores de Emisión de la combustión del diesel de los vehículos todo terreno**

Factores de emisión	Valor	Fuente
$FE_{(CO_2)}$	74,100 kg CO <sub>2</sub> / TJ	IPCC:2006 Vol. 2 Cap. 3 Cuadro 3.3.1
$FE_{(CH_4)}$	4.15 kg CH <sub>4</sub> / TJ	
$FE_{(N_2O)}$	28.6 kg N <sub>2</sub> O/ TJ	

FUENTE: Elaboración propia

- **EMISIONES DE DIESEL DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS**

### Data de Actividad (DA)

Esta data corresponde a la cantidad aproximada mensual de consumo de Diesel de los grupos electrógenos que abastecieron de energía eléctrica a la organización, correspondientes al período de Abril del año 2013 a Marzo del año 2014. En la **Tabla 18** se aprecia los datos de actividad en galones de Diesel y convertidos a unidades de energía en Tera Joules, utilizando para ello la fórmula 5.

**Tabla 18. Data de Actividad del diesel de los grupos electrógenos**

Meses	Unidades	
	Galones de Diesel	Tera Joules
<b>abr-13</b>	8,870.8	3.3204
<b>may-13</b>	9,599.5	3.0284
<b>jun-13</b>	9,611.0	2.1507
<b>jul-13</b>	11,315.0	2.8247
<b>ago-13</b>	10,124.0	2.8736
<b>sep-13</b>	8,166.0	1.9361
<b>oct-13</b>	6,839.0	2.0148
<b>nov-13</b>	6,669.9	2.0662
<b>dic-13</b>	6,339.4	1.8038
<b>ene-14</b>	6,107.0	2.0297
<b>feb-14</b>	6,598.0	2.2089
<b>mar-14</b>	8,739.0	2.2603

FUENTE: Elaboración propia

### Factor de Emisión (FE)

Estos factores corresponden a los valores asignados a las emisiones de combustión estacionaria de diesel de los grupos electrógenos que fueron obtenidos del IPCC 2006, y se muestran en la **Tabla 19**.

**Tabla 19. Factores de Emisión de la combustión del diesel de los grupos electrógenos**

Factores de emisión	Valor	Fuente
$FE_{(CO_2)}$	74,100 kg CO <sub>2</sub> / TJ	IPCC 2006 Vol. 2 Cap. 2 Cuadro 2.3
$FE_{(CH_4)}$	3 kg CH <sub>4</sub> / TJ	
$FE_{(N_2O)}$	0.6 kg N <sub>2</sub> O/ TJ	

FUENTE: Elaboración propia

- **EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO DE LOS EXTINTORES**

### Data de Actividad (DA)

Esta data corresponde a la cantidad aproximada de extintores que puede contener una industria de concreto y agregados en el período de Abril del año 2013 a Marzo del año 2014. En la **Tabla 20** se muestran los resultados de la cantidad de Dióxido de carbono generado por mes, y su respectiva conversión a toneladas.

**Tabla 20. Data de Actividad de extintores**

Meses	Unidades	
	kg CO <sub>2</sub>	t CO <sub>2</sub>
<b>abr-13</b>	8.3698	0.0084
<b>may-13</b>	8.3698	0.0084
<b>jun-13</b>	8.3698	0.0084
<b>jul-13</b>	8.3698	0.0084
<b>ago-13</b>	8.3698	0.0084
<b>sep-13</b>	8.3698	0.0084
<b>oct-13</b>	8.3698	0.0084
<b>nov-13</b>	8.3698	0.0084
<b>dic-13</b>	8.3698	0.0084
<b>ene-14</b>	8.3698	0.0084
<b>feb-14</b>	8.3698	0.0084
<b>mar-14</b>	8.3698	0.0084

FUENTE: Elaboración propia

### Factor de Emisión (FE)

Esta fuente no posee factores de emisión debido a que la data de actividad de los extintores ya se encuentra en las unidades de dióxido de carbono y de acuerdo con la Tabla 11, su potencial de calentamiento global es 1.

### • EMISIONES DE ACETILENO USADO EN EQUIPOS DE CORTE

### Data de Actividad (DA)

Esta data corresponde a la cantidad aproximada mensual del acetileno empleado en equipos de corte durante el período de Abril del año 2013 hasta Marzo del año 2014. Sin embargo, para facilitar el cálculo con los factores de emisión, se convirtió la DA de m<sup>3</sup> de Acetileno a Tera Joules tal como se muestra en la **Tabla 21** empleando para ello la fórmula 6 que contiene los datos del Acetileno, indicados en el **Anexo 5**, tales como densidad (1.095 kg/m<sup>3</sup>) y su respectivo valor calórico neto (48.7 TJ/Gg).

$$DA_{\text{conversión a TJ}} = DA_{m^3 \text{ Acetileno}} * \left( \frac{1.095 \text{ kg}}{m^3} * \frac{48.7 \text{ kJ}}{\text{kg}} * \frac{1 \text{ TJ}}{10^9 \text{ kJ}} \right) \quad \dots(6)$$

**Tabla 21. Datos de actividad del acetileno usado en equipos de corte**

Unidades		
Meses	m <sup>3</sup> de Acetileno	Tera Joules
<b>abr-13</b>	28.0	0.0000014931
<b>may-13</b>	70.0	0.0000037329
<b>jun-13</b>	20.0	0.0000010665
<b>jul-13</b>	80.0	0.0000042661
<b>ago-13</b>	0.0	0.0000000000
<b>sep-13</b>	40.0	0.0000021331
<b>oct-13</b>	0.0	0.0000000000
<b>nov-13</b>	90.0	0.0000047994
<b>dic-13</b>	0.0	0.0000000000
<b>ene-14</b>	10.0	0.0000005333
<b>feb-14</b>	0.0	0.0000000000
<b>mar-14</b>	0.0	0.0000000000

FUENTE: Elaboración propia

### Factor de Emisión (FE)

Estos factores corresponden a los valores asignados a las emisiones de combustión estacionaria del Acetileno, sin embargo en la presente investigación se utilizaron los factores del Etano por similitud en estructura química con el Acetileno (Gómez 2012), tomando como referencia los factores indicados en el IPCC 2006, dado que no se encontró ningún factor para el Acetileno en documentos nacionales, ni el IPCC 2006 y ni en el DEFRA 2013. Estos factores se muestran en la **Tabla 22**.

**Tabla 22. Factores de Emisión de la combustión del acetileno usado en equipos de corte**

Factores de emisión	Valor	Fuente
$FE_{(CO_2)}$	61,600 kg CO <sub>2</sub> / TJ	IPCC 2006 Vol. 2 Cap. 2 Cuadro 2.3
$FE_{(CH_4)}$	1 kg CH <sub>4</sub> / TJ	
$FE_{(N_2O)}$	0.1 kg N <sub>2</sub> O/ TJ	

FUENTE: Elaboración propia

### • EMISIONES DE GLP USADO EN COCINAS PARA ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS

#### Data de Actividad (DA)

Esta data corresponde a la cantidad aproximada mensual de GLP empleado en las cocinas de gas para ensayos de granulometría de los agregados durante el período de Abril del año 2013 hasta Marzo del año 2014. Sin embargo, para facilitar el cálculo con los factores de emisión, se convirtió la DA de kg de GLP a Tera Joules, tal como se muestra en la **Tabla 23**, empleando para ello la fórmula 7 que contiene los datos del GLP indicados en el **Anexo 6**, tal como el poder calorífico neto (10830 kcal/kg).

$$DA_{conversión a TJ} = DA_{kg GLP} * \left( \frac{10830 \text{ kcal}}{kg} * \frac{4184 J}{1 \text{ kcal}} * \frac{1 TJ}{10^{12} J} \right) \quad \dots(7)$$

**Tabla 23. Data de actividad del GLP usado en cocinas para ensayos de granulometría de los agregados**

Unidades		
Meses	kg GLP	Tera Joules
abr-13	2,150.0	0.09742235
may-13	3,225.0	0.14613352
jun-13	2,407.5	0.10909037
jul-13	3,765.0	0.17060239
ago-13	1,736.5	0.07868554
sep-13	1,887.5	0.08552776
oct-13	1,615.0	0.07318004
nov-13	2,155.0	0.09764891
dic-13	1,887.5	0.08552776
ene-14	1,352.5	0.06128545
feb-14	817.5	0.03704315
mar-14	1,356.5	0.06146670

FUENTE: Elaboración propia

#### Factor de Emisión (FE)

Estos factores corresponden a los valores asignados a las emisiones de combustión estacionaria del GLP generadas por su uso en cocinas, y fueron obtenidos del IPCC 2006, los cuales se presentan en la **Tabla 24**.

**Tabla 24. Factores de Emisión de la combustión del GLP usado en cocinas para ensayos de granulometría de los agregados**

Factores de emisión	Valor	Fuente
$FE_{(CO_2)}$	63,100 kg CO <sub>2</sub> / TJ	IPCC 2006 Vol. 2 Cap. 2 Cuadro 2.5
$FE_{(CH_4)}$	5 kg CH <sub>4</sub> / TJ	
$FE_{(N_2O)}$	0.1 kg N <sub>2</sub> O/ TJ	

FUENTE: Elaboración propia

#### • TRANSPORTE AÉREO DEL PERSONAL

##### Data de Actividad (DA)

Esta data corresponde a la cantidad aproximada mensual de los viajes aéreos del personal que viajó desde su lugar de origen hasta el lugar de trabajo (Apurímac) y viceversa, durante el período de Abril del año 2013 hasta Marzo del año 2014. Esta data se obtuvo por medio de la fórmula 8, multiplicando la cantidad de pasajeros por las

distancias desde los lugares de origen hacia el lugar de trabajo, y viceversa. La información detallada se encuentra en el **Anexo 7**.

$$DA_{pkm} = (N^{\circ} \text{ de pasajeros}) \times (\text{kilómetros recorridos}) \quad \dots(8)$$

**Tabla 25. Data de Actividad del transporte aéreo del personal**

Unidades	
Meses	Pasajero por kilómetro (pkm)
<b>abr-13</b>	218,976.0
<b>may-13</b>	210,186.0
<b>jun-13</b>	202,359.0
<b>jul-13</b>	206,820.0
<b>ago-13</b>	192,756.0
<b>sep-13</b>	190,998.0
<b>oct-13</b>	194,514.0
<b>nov-13</b>	190,998.0
<b>dic-13</b>	190,998.0
<b>ene-14</b>	184,035.0
<b>feb-14</b>	190,413.0
<b>mar-14</b>	206,235.0

FUENTE: Elaboración propia

#### Factor de Emisión (FE)

Estos factores se obtuvieron del DEFRA 2013 y se utilizaron tanto los factores de GEI (que incluyen a los gases de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso) directos como indirectos, dado que se desea conocer el impacto del transporte aéreo en avión de los trabajadores en su totalidad.

De acuerdo a la **Tabla 26**, el primer factor corresponde a las emisiones generadas por las personas que viajan por motivos de trabajo, y el segundo corresponde a las emisiones asociadas a la extracción, refinación y transporte del combustible de aviación en el avión antes de despegar. Ambos factores incluyen la influencia del Forzamiento Radiativo (RF) de las emisiones del transporte aéreo para capturar el impacto climático máximo de los hábitos de viaje de la organización, también se ha considerado corto recorrido en clase económica, ya que los vuelos solamente se realizaron a nivel nacional.

**Tabla 26. Factores de Emisión del transporte aéreo del personal**

Factores de emisión	Valor	Fuente
$FE_{GEI} directas$	0.183404 kg CO <sub>2e</sub> /pkm	DEFRA, 2013
$FE_{GEI} indirectas$	0.020012 kg CO <sub>2e</sub> /pkm	

FUENTE: Elaboración propia

## PASO 6: CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

En la **Tabla 27** se muestra el consolidado de la huella de carbono resultante de la aplicación de las fórmulas 2, 3 y 4. El detalle del cálculo por tipo de fuente se encuentra en el **Anexo 8**.

Tomando en cuenta los resultados de la **Tabla 27** y la **Figura 11**:

- La huella de carbono de la industria de concreto y agregados obtenida fue 4869.50 toneladas de dióxido de carbono equivalente.
- Las emisiones del Alcance 1 generaron 4385.51 toneladas de dióxido de carbono equivalente, y correspondieron principalmente a las actividades de producción y suministro del concreto y agregados, además del transporte terrestre del personal desde el aeropuerto de Cuzco hasta el lugar de trabajo en Apurímac y viceversa, las emisiones generadas por la supervisión de las operaciones, mantenimiento de equipos, control de calidad de los agregados.
- Las emisiones del Alcance 2 generaron 0 toneladas de dióxido de carbono equivalente.
- Las emisiones del Alcance 3 generaron 483.99 toneladas de dióxido de carbono equivalente, y correspondieron al transporte aéreo de personal para trasladarse desde sus lugares de origen hacia el lugar de trabajo y viceversa. No se consideraron las emisiones generadas por el cambio de uso de suelo en el lugar donde se instaló la industria de concreto y agregados.
- La fuente de emisión de GEI que generó mayores emisiones fue la de los grupos electrógenos (2124.52 tCO<sub>2e</sub>), constituyendo un 44% de la huella de carbono. Los

grupos electrógenos se emplearon para generar de electricidad tanto para la producción de concreto y agregados como para las oficinas administrativas.

- La segunda fuente emisión de GEI que generó también mayor cantidad emisiones de GEI corresponde a las emisiones de los vehículos de transporte liviano y pesado (1719.41 tCO<sub>2e</sub>), constituyendo un 35% de la huella de carbono. Este resultado es atribuido principalmente por las operaciones del suministro y despacho del concreto y agregados en diferentes puntos, el cual fue realizado a través de vehículos pesados tales como los mixer, bombas, semitrailer y volquetes. También, se incluyeron las emisiones de GEI por la supervisión de las operaciones a través de vehículos livianos como las camionetas, y también por el transporte terrestre del personal desde el aeropuerto de Cuzco hacia el lugar de trabajo en Apurímac y viceversa, a través de vehículos livianos como los minibuses y minivans.
- Las fuentes de emisiones de GEI que generaron la menor cantidad de emisiones correspondieron a las emisiones de los extintores y la del acetileno usado en equipos de corte, ambas constituyeron un 0% de la huella de carbono:
  - La fuente de emisión de GEI de los extintores: Durante el periodo de Abril del año 2013 a Marzo del año 2014, se tuvieron 14 extintores de dióxido de carbono aproximadamente, los cuales sumaron un total 100.44 kg de dióxido de carbono, siendo la misma cantidad de emisiones que se libera a la atmósfera debido a la recarga anual de los extintores. Esta cantidad dividida en 12 meses, resultó 0.008370 toneladas de dióxido de carbono generadas por mes.
  - La fuente de emisión del acetileno usado en equipos de corte, no generó emisiones de GEI en los meses de Agosto, Octubre y Diciembre del año 2013, y de Febrero y Marzo del año 2014 porque no se realizaron trabajos de corte.

Cabe mencionar que, para el cálculo de la huella de carbono organizacional de la industria de concreto y agregados en Apurímac, solo se contabilizaron las emisiones de GEI generadas por la propia industria y el transporte aéreo del personal a consecuencia de las actividades de la industria. No se contabilizaron las emisiones de GEI por cambio de uso de suelos de 5.7 hectáreas aproximadamente, área donde se instaló la industria; ya que las obras de nivelación del suelo fueron realizadas por otra empresa encargada del proyecto de construcción.

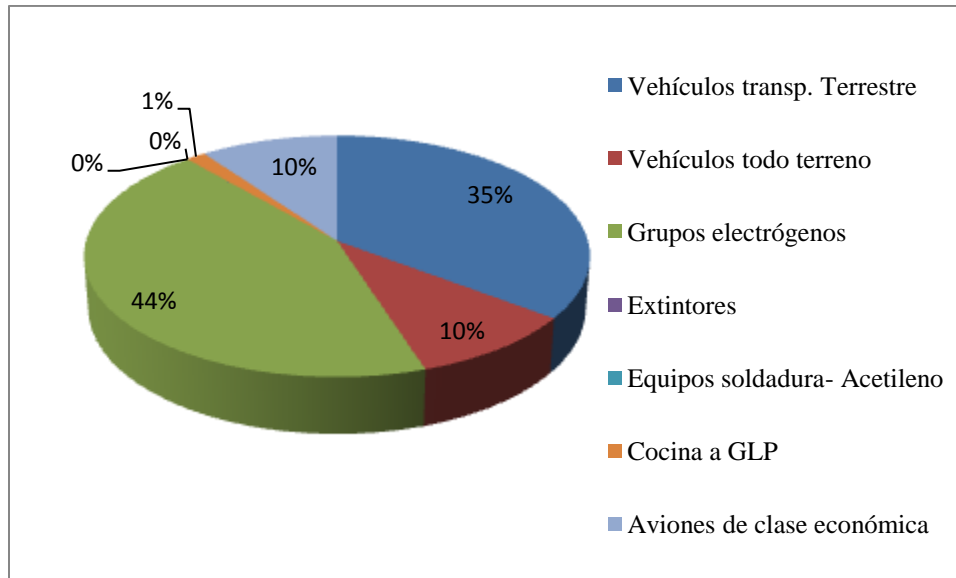


Por otro lado, en caso que la industria de concreto y agregados hubiese calculado la huella de carbono de producto, por ejemplo del concreto premezclado, podría haber considerado las emisiones de GEI del cambio de uso de suelo generados por la instalación en el lugar, además de las emisiones de GEI de la fabricación de los insumos, el transporte de los insumos, entre otros.

**Tabla 27. Huella de carbono detallada por tipo de fuente y alcance**

Meses	HUELLA DE CARBONO DE LA INDUSTRIA DE CONCRETO Y AGREGADOS							TOTAL por mes (tCO <sub>2e</sub> )
	ALCANCE 1						ALCANCE 3	
	Vehículos transp. Terrestre (tCO <sub>2e</sub> )	Vehículos todo terreno (tCO <sub>2e</sub> )	Grupos electrógenos (tCO <sub>2e</sub> )	Extintores (tCO <sub>2e</sub> )	Equipos corte- Acetileno (tCO <sub>2e</sub> )	Cocina a GLP (tCO <sub>2e</sub> )	Transporte aéreo del personal (tCO <sub>2e</sub> )	
<b>abr-13</b>	204.93	49.73	246.89	0.008370	0.000094	6.16	44.54	<b>552.25</b>
<b>may-13</b>	188.48	43.62	225.17	0.008370	0.000236	9.24	42.76	<b>509.28</b>
<b>jun-13</b>	130.32	34.86	159.91	0.008370	0.000067	6.90	41.16	<b>373.17</b>
<b>jul-13</b>	164.59	53.00	210.03	0.008370	0.000270	10.79	42.07	<b>480.48</b>
<b>ago-13</b>	166.40	55.05	213.67	0.008370	0.000000	4.98	39.21	<b>479.32</b>
<b>sep-13</b>	117.50	31.18	143.95	0.008370	0.000135	5.41	38.85	<b>336.91</b>
<b>oct-13</b>	109.20	46.80	149.81	0.008370	0.000000	4.63	39.57	<b>350.02</b>
<b>nov-13</b>	118.96	40.35	153.63	0.008370	0.000303	6.18	38.85	<b>357.97</b>
<b>dic-13</b>	103.42	35.70	134.12	0.008370	0.000000	5.41	38.85	<b>317.50</b>
<b>ene-14</b>	124.91	30.79	150.92	0.008370	0.000034	3.88	37.44	<b>347.94</b>
<b>feb-14</b>	147.50	20.81	166.28	0.008370	0.000000	2.34	38.73	<b>375.68</b>
<b>mar-14</b>	143.21	29.77	170.15	0.008370	0.000000	3.89	41.95	<b>388.98</b>
<b>TOTAL por fuente</b>	<b>1719.41</b>	<b>471.67</b>	<b>2124.52</b>	<b>0.100438</b>	<b>0.001139</b>	<b>69.81</b>	<b>483.99</b>	<b>4869.50</b>
<b>TOTAL por alcance</b>	<b>4385.51</b>						<b>483.99</b>	

FUENTE: Elaboración propia



**Figura 11. Emisiones de la huella de carbono por tipo de fuente**

FUENTE: Elaboración propia

#### COMPARACIÓN DE EMISIONES DE GEI CON OTRAS INDUSTRIAS DE CONCRETO.-

Por otro lado, con fines de comparación se estimó un indicador que consiste en la relación de las emisiones de GEI por  $m^3$  de concreto premezclado producido.

La huella de carbono de la industria de concreto y agregados generó 4869.50  $tCO_{2e}$ . Para fines de comparación, se consideró 120,000  $m^3$  de concreto premezclado, cantidad anual aproximada de despacho de concreto una industria de concreto de una zona de Apurímac, lo cual permitió obtener como resultado una relación de 0.04  $tCO_{2e}/m^3$  de concreto premezclado producido.

De acuerdo a la información presentada en el capítulo 2.8 de la revisión bibliográfica, se tomó en consideración la huella carbono organizacional de:

- UNICON (Perú).- En dos plantas de concreto, ubicadas en Lima, se calculó una huella de carbono de 10,754  $tCO_{2e}$  en el año 2013, equivalente a 0.02  $tCO_{2e}/m^3$  por concreto premezclado.

Según la información presentada en el capítulo 2.10 de la revisión bibliográfica, se cuenta con un indicador de emisiones de GEI de las industrias de concreto del Reino Unido para el año 2013 de 93.7 kg CO<sub>2</sub>/toneladas de concreto, el cual incluye las emisiones de la producción y transporte del concreto premezclado.

Sin embargo, para fines de comparación se convirtió a las unidades de toneladas de dióxido de carbono, y debido a que la densidad de concreto es muy variable, se consideró como m<sup>3</sup> a las toneladas de concreto, obteniéndose el valor de 0.09 tCO<sub>2e</sub>/m<sup>3</sup> de concreto premezclado.

De acuerdo a la **Tabla 28** y a la **Figura 12**, se observa lo siguiente:

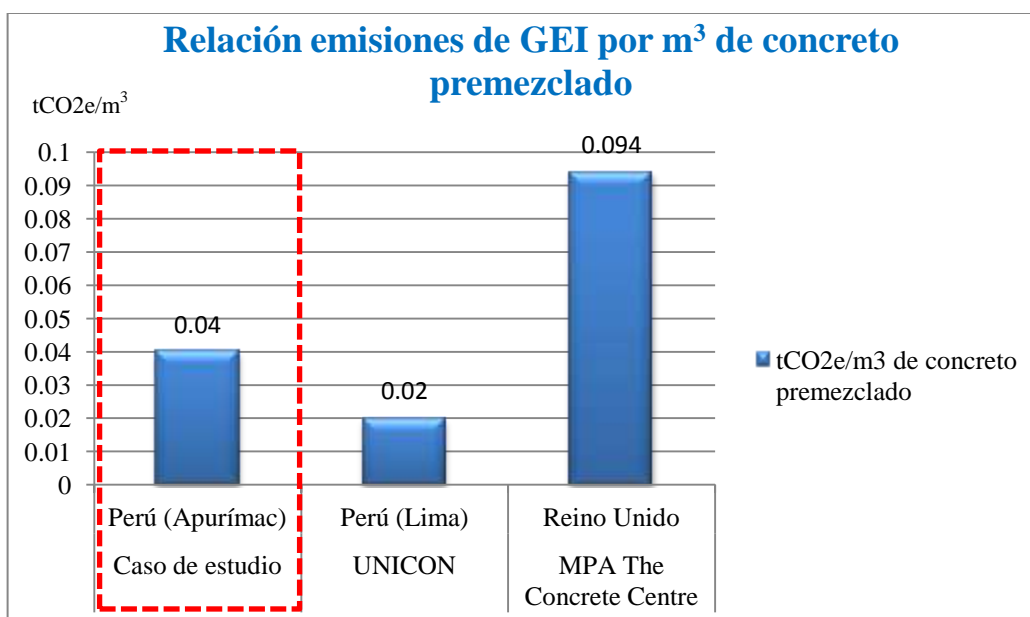
- En cuanto a los valores de Perú:
  - La relación 0.04 tCO<sub>2e</sub>/ m<sup>3</sup> de concreto premezclado, obtenida del caso de estudio de una industria de concreto y agregados en Apurímac, es superior al valor obtenido de una industria de concreto en Lima. Por lo que se puede inferir que, en provincia se generó mayor cantidad de emisiones de GEI, que una industria de concreto premezclado, que en Lima.
  - Para estimar la relación de tCO<sub>2e</sub>/ m<sup>3</sup> de concreto premezclado en Perú, se emplearon datos de la huella de carbono organizacional de las industrias de concreto y se dividió entre la producción anual del concreto premezclado.
  
- En cuanto al indicador de emisiones de GEI por m<sup>3</sup> de concreto del Reino Unido:
  - Este indicador se basa en la información de diversas industrias de concreto premezclado del Reino Unido, las cuales están inscritas en la Estrategia de Construcción Sostenible de la Industria de Concreto de MPA The Concrete Centre.
  - El valor de 0.09 tCO<sub>2e</sub>/ m<sup>3</sup> de concreto, resultó mayor que las emisiones de GEI del caso de estudio, y esto puede deberse a que este indicador representó el promedio de varias industrias de concreto, a diferencia del caso de estudio, que representa solo a una industria.
  - Así como la institución “MPA The Concrete Centre” del Reino Unido, en el Perú se cuenta con la Asociación Peruana de Productores de Concreto Premezclado (ASPECON) y con la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), en las cuales varias industrias de

concreto premezclado son miembros y podrían contribuir brindando el cálculo de sus emisiones de GEI para la obtención de indicadores peruanos de emisiones de GEI por m<sup>3</sup> de concreto premezclado, debido que hasta el momento no existen indicadores peruanos y serían de gran ayuda para estimar el impacto de las construcciones en el Perú.

**Tabla 28. Comparativo de relación de tCO<sub>2e</sub>/m<sup>3</sup> de concreto premezclado**

Organización	País	tCO <sub>2e</sub> /m <sup>3</sup> de concreto premezclado	Fuente de datos	
Caso de estudio	Perú (Apurímac)	0.04	Huella de carbono organizacional	Caso de estudio
UNICON	Perú (Lima)	0.02	Huella de carbono organizacional	UNICON, 2014
MPA The Concrete Centre	Reino Unido	0.09	Indicador	MPA The Concrete Centre, 2014

FUENTE: Elaboración propia



**Figura 12. Comparativo de relación de tCO<sub>2e</sub>/m<sup>3</sup> de concreto premezclado**

FUENTE: Elaboración propia

## **4.2 FASE 2: COMPARACIÓN DE EMISIONES MENSUALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL ALCANCE 3 RESPECTO A LOS ALCANCES 1 Y 2**

### **A) Comparación de la huella de carbono de la industria de concreto y agregados por tipo de alcance.-**

De acuerdo a la **Figura 13**, se observó lo siguiente:

- El Alcance 1 representó el 90% de la huella de carbono, equivalente a 4385.51 tCO<sub>2e</sub>.
- El Alcance 2 representó el 0% de la huella de carbono.
- El Alcance 3 representó el 10% de la huella de carbono, equivalente a 483.99 tCO<sub>2e</sub>.

Por tanto, la comparación se realizó entre las emisiones de GEI del Alcance 1 y el Alcance 3, en el cual se determinó que el Alcance 1, que corresponde a las emisiones directas de la industria, resultó mayor que las emisiones del Alcance 3, que corresponden a otras emisiones indirectas de la industria.

Por otro lado, las emisiones de GEI del Alcance 2, que corresponde a emisiones indirectas por energía, resultaron nulas dentro de la huella de carbono de la industria de concreto y agregados, debido a que la industria no tenía conexión a la red eléctrica, no utilizó calor ni vapor de origen externo. Esta industria de estudio se abasteció de energía eléctrica por medio de sus propios grupos electrógenos que funcionaron con diesel y por lo tanto generaron emisiones de Alcance 1.

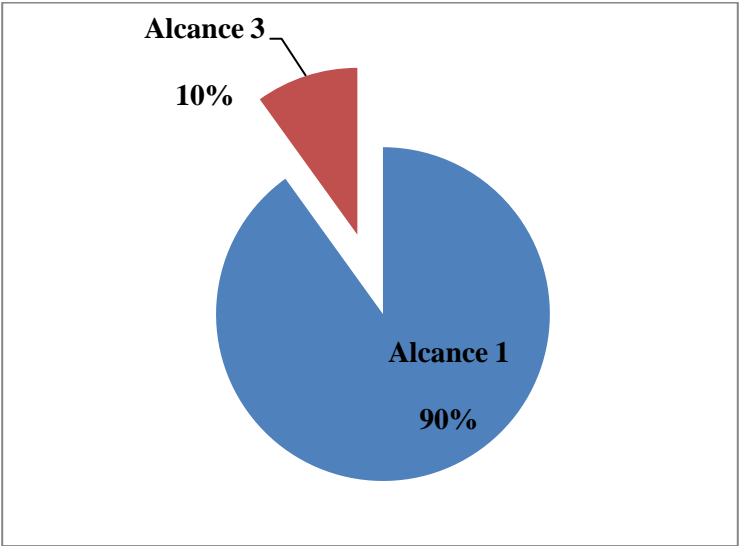
En la **Figura 13**, se muestra el esquema de los alcances que comprende la huella de carbono de la industria de concreto y agregados, en la cual se observó lo siguiente:

- El Alcance 1 de la huella de carbono está conformado por las emisiones de GEI de la planta de agregados y la planta de concreto, el cual incluye las emisiones generadas por la producción y suministro del concreto y agregados, así como la supervisión de las operaciones, mantenimiento de equipos, control de calidad de los agregados y el transporte terrestre del personal desde el aeropuerto de Cuzco hacia el lugar de trabajo en Apurímac y viceversa.
- El Alcance 2 de la huella de carbono no figuró en el esquema, debido a que la energía eléctrica (que generalmente se incluye en el Alcance 2 porque procede de plantas hidroeléctricas o termoeléctricas, o de industrias externas que fabrican calor o vapor) se abasteció por medio de los grupos electrógenos de la misma industria, y por ende sus emisiones pertenecieron al Alcance 1.
  - El Alcance 3 de la huella de carbono está conformada solo por las emisiones de GEI generadas por el transporte aéreo de los trabajadores. Se consideró solo esta fuente de emisiones, ya que las reducciones potenciales podrían ser llevadas a cabo o ser influenciadas por la industria de concreto y agregados. Aparte, porque se estimaba obtener un porcentaje alto respecto a las emisiones del Alcance 1 y 2. Por otro lado, existieron otras fuentes de emisión de GEI del Alcance 3, conformada por las emisiones de las empresas que elaboran los insumos para la fabricación del concreto, tales como empresas que fabrican el cemento, aditivos y proveen el agua; las cuales no se contabilizaron por no contarse con información y por considerarse no representativas para la presente investigación.

Se seleccionó como Alcance 3 a las emisiones generadas por los viajes aéreos de los trabajadores, debido a que se generaron como consecuencia de las actividades de la industria de concreto y agregados, y podrían representar un porcentaje alto respecto de las emisiones del Alcance 1 y 2. Además, la reducción de estas emisiones podría ser influenciada por la misma industria.

Por otro lado, en la **Figura 14** se observa que el transporte es una de las actividades más relevantes e indispensables en la fabricación del concreto premezclado, ya que es vital para

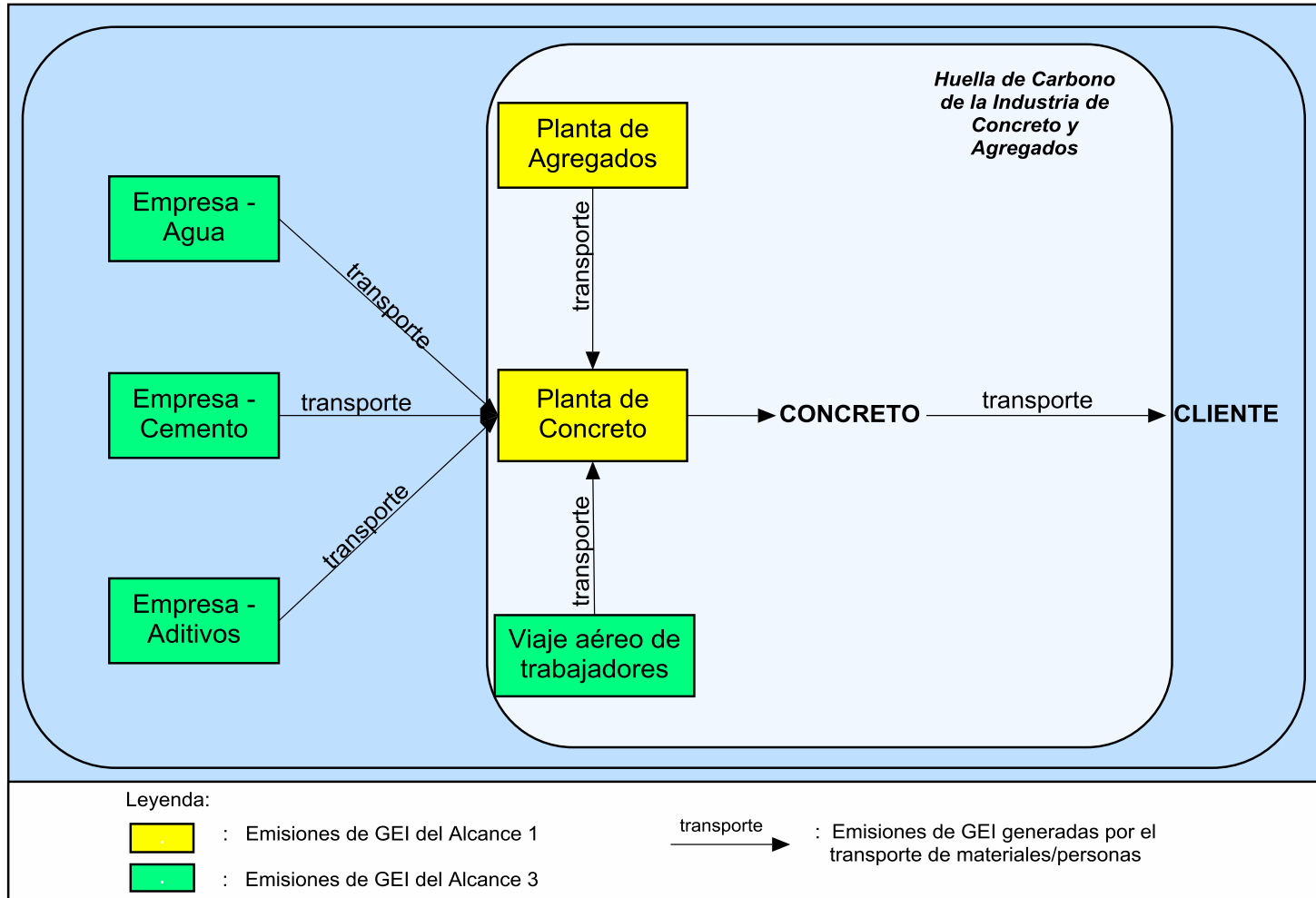
el traslado de sus insumos y también para el despacho del mismo concreto hasta los puntos de vaciado de sus clientes.



**Figura 13. Comparación del Alcance 3 respecto al Alcance 1**

FUENTE: Elaboración propia





**Figura 14. Esquema de alcances que comprende la huella de carbono de la industria de concreto y agregados**

FUENTE: Elaboración propia

**B) Comparación de los alcances de la huella de carbono de la industria de concreto y agregados respecto a otras empresas del mismo rubro.-**

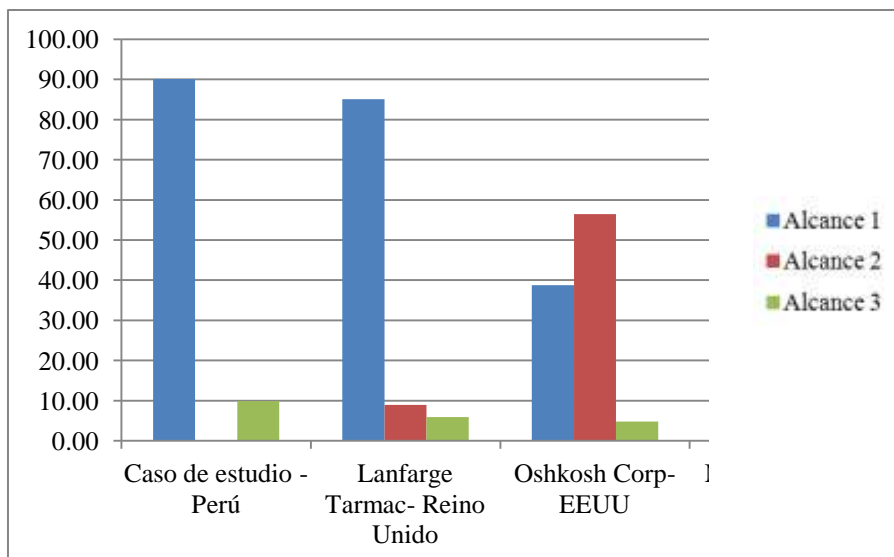
De acuerdo a la **Tabla 29** y a la **Figura 15**, se observó lo siguiente:

- La empresa Lanfarge Tarmac, dedicada a la fabricación de concreto, agregados y asfalto, presentó similar porcentaje de emisiones de sus Alcances 1, 2 y 3, en comparación con la industria de estudio. Es así que, las emisiones del Alcance 1, que están asociadas al proceso productivo, son mayores que las emisiones del Alcance 3.
- La empresa Oshkosh Corp, dedicada a la fabricación de concreto premezclado y a la fabricación de maquinaria y equipos, presentó mayor porcentaje de emisiones del Alcance 2 a comparación con la industria de estudio, que presentó mayor porcentaje de emisiones del Alcance 1. Esto está asociado principalmente al proceso productivo de fabricación de maquinarias, debido a que se emplea gran cantidad de energía eléctrica, a diferencia de la fabricación de concreto premezclado.

**Tabla 29. Cuadro comparativo de alcances de huellas de carbono de empresas**

	Industria del caso de estudio- Perú		Lanfarge Tarmac- Reino Unido		Oshkosh Corp- EEUU	
	tCO <sub>2e</sub>	%	tCO <sub>2e</sub>	%	tCO <sub>2e</sub>	%
<b>Alcance 1</b>	4385.5	90.1	3231829.0	85.1	70000.0	38.7
<b>Alcance 2</b>	0.0	0.0	340468.0	9.0	102000.0	56.4
<b>Alcance 3</b>	484.0	9.9	226501.0	6.0	8700.0	4.8
<b>Total</b>	<b>4,869.5</b>	<b>100.0</b>	<b>3,798,798.0</b>	<b>100.0</b>	<b>180,700.0</b>	<b>100.0</b>

FUENTE: Elaboración propia



**Figura 15. Comparativo de alcances de huellas de carbono**

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.3 FASE 3: PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y OPORTUNIDADES DE MEJORA

Tomando en cuenta los resultados de la huella de carbono de la industria de concreto y agregados, se elaboró la **Tabla 30**, la cual identifica las fuentes de emisión de GEI que corresponde desarrollar propuestas de estrategias de reducción y oportunidades de mejora.

**Tabla 30. Aplicación de propuestas según porcentaje de la huella de carbono**

APLICACIÓN DE PROPUESTAS	Porcentaje de la Huella de Carbono (%)	FUENTE DE EMISIÓN DE GEI
Estrategias de reducción	35	Emisiones de diesel de vehículos livianos y pesados de transporte terrestre
	44	Emisiones de diesel de grupos electrógenos
Oportunidades de mejora	10	Emisiones de diesel de vehículos todo terreno
	0	Emisiones de dióxido de carbono de extintores
	0	Emisiones de acetileno usado en equipos de corte
	1	Emisiones de GLP usado en cocinas para ensayos de granulometría
	10	Emisiones del transporte aéreo del personal

FUENTE: Elaboración propia.

### 4.3.1 ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN

Las propuestas de estrategias de reducción tienen la finalidad de reducir un porcentaje del 79% que comprenden las siguientes fuentes de emisión de GEI en la huella de carbono:

#### A) Emisiones de diesel de vehículos livianos y pesados de transporte terrestre

La cantidad aproximada de vehículos de transporte terrestre de una industria de concreto y agregados que funcionan a diesel están conformados por 1 camión grúa, 2 bombas, 20 camiones mixer, 9 volquetes, 3 semitrailer, 1 camioneta de ploteo de semitrailer, 10 camionetas, 5 minibuses y 4 minivan. En la **Tabla 31** se muestra los consumos de diesel de dichos vehículos, y es notorio que los camiones mixer (**9.57 TJ**) y los volquetes (**6.88 TJ**) son los poseen mayor cantidad de vehículos y presentan mayor consumo de combustible y por ende generan mayores emisiones de GEI.

De acuerdo con Sinotruk Peru (2015), en el mercado peruano ya existen camiones mixer y volquetes a gas natural y a GLP de marca Sinotruk, los cuales si reemplazan a los existentes podrían reducir significativamente las emisiones de GEI.

Para calcular las emisiones de GEI se consideró 16.45 TJ como data de actividad anual del consumo de combustible en unidad de energía de los camiones mixer y los volquetes, valor que corresponde a los datos del consumo de diesel, dado que no se cuenta con mayor información para su conversión en GLP y gas natural. Los factores de emisión de GEI por tipo de combustible se encuentran en la **Tabla 32**.

**Tabla 31. Consumo de diesel por tipo de vehículo en unidad de energía**

Equipos	Camión grúa	Bomba	Mixer	Volquete	Semitrailer	Camioneta de ploteo - semitrailer	Camionetas	Minibus	Minivan
Unidades	Tera Joule	Tera Joule	Tera Joule	Tera Joule	Tera Joule	Tera Joule	Tera Joule	Tera Joule	Tera Joule
<b>abr-13</b>	0.0367	0.3108	1.1076	0.7737	0.2643	0.0135	0.1001	0.0855	0.0270
<b>may-13</b>	0.0232	0.2272	1.1150	0.7501	0.2065	0.0131	0.0769	0.0461	0.0429
<b>jun-13</b>	0.0181	0.1584	0.8724	0.4621	0.0940	0.0070	0.0682	0.0000	0.0491
<b>jul-13</b>	0.0006	0.1485	0.8735	0.8018	0.1602	0.0078	0.0950	0.0381	0.0584
<b>ago-13</b>	0.0123	0.0890	0.8237	0.8435	0.2784	0.0121	0.0713	0.0487	0.0292
<b>sep-13</b>	0.0000	0.0740	0.5781	0.6233	0.1616	0.0069	0.0585	0.0260	0.0308
<b>oct-13</b>	0.0189	0.0651	0.4923	0.5874	0.1419	0.0087	0.0619	0.0423	0.0305
<b>nov-13</b>	0.0072	0.0664	0.5243	0.6414	0.1727	0.0105	0.0625	0.0634	0.0302
<b>dic-13</b>	0.0082	0.0925	0.5406	0.4185	0.1390	0.0109	0.0756	0.0557	0.0313
<b>ene-14</b>	0.0082	0.1302	0.5847	0.5425	0.1751	0.0090	0.1113	0.0564	0.0399
<b>feb-14</b>	0.0109	0.1807	0.8646	0.4416	0.2245	0.0156	0.0984	0.0755	0.0454
<b>mar-14</b>	0.0000	0.2125	1.1902	0.0000	0.2701	0.0155	0.0921	0.0830	0.0370
<b>Total</b>	<b>0.1445</b>	<b>1.7553</b>	<b>9.5671</b>	<b>6.8858</b>	<b>2.2883</b>	<b>0.1305</b>	<b>0.9720</b>	<b>0.6209</b>	<b>0.4517</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 32. Factores de emisión de combustión móvil**

COMBUSTION MOVIL				
Combustible	CO <sub>2</sub> (kg/ TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/ TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/ TJ)	Fuente
Diesel	74,100	3.9	3.9	IPCC 2006 Vol. 2 Cap. 3 Cuadro 3.2.1, Cuadro 3.2.2
Gas licuado de petróleo	63,100	62	0.2	IPCC 2006 Vol. 2 Cap. 3 Cuadro 3.2.1, Cuadro 3.2.2
Gas natural	56,100	92	3	IPCC 2006 Vol. 2 Cap. 3 Cuadro 3.2.1, Cuadro 3.2.2

FUENTE: Elaboración propia

En la **Tabla 33**, se observa que los camiones mixer y volquetes que funcionan a GLP reducirían 175.23 tCO<sub>2e</sub>, que equivaldría a una reducción del 0.036% de la huella de carbono; en cambio los que funcionan a gas natural reducirían 264.33 tCO<sub>2e</sub>, que equivaldría a una reducción del 0.054% de la huella de carbono.

**Tabla 33. Cálculo de emisiones de GEI de camiones mixer y volquetes por tipo de combustible**

Camiones mixer y volquetes	Data de Actividad anual	Emisiones de GEI			Total de emisiones de GEI	Reducción	
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O		(tCO <sub>2e</sub> )	% de HC
	(TJ)	(tCO <sub>2e</sub> )	(tCO <sub>2e</sub> )	(tCO <sub>2e</sub> )	(tCO <sub>2e</sub> )		
Diesel	16.45	1219.16	1.60	19.12	1239.89	0.00	0
GLP		1038.18	25.50	0.98	1064.66	175.23	0.036%
Gas natural		923.01	37.84	14.71	975.56	264.33	0.054%

FUENTE: Elaboración propia

Finalmente, para reducir las emisiones de diesel de vehículos livianos y pesados de transporte terrestre, se recomienda el cambio por mixer y volquetes que funcionan a gas natural, los cuales reducirían el 0.054% de la huella de carbono.

#### **B) Emisiones de diesel de grupos electrógenos**

La industria de concreto y agregados del caso de estudio utilizó aproximadamente 8 grupos electrógenos a diesel, 6 de 300kW abastecían la producción de concreto y agregados; y los 2 restantes de 120kW abastecían las oficinas administrativas. Los grupos electrógenos consumieron en total 98,978.6 galones de diesel equivalente a 28.5176 TJ y generaron 2124.52 tCO<sub>2e</sub>, que representa el 44% de la huella de carbono.

En la **Tabla 34** se muestran los factores de emisión de GEI del diesel, gas licuado de petróleo y gas natural. A simple vista se observa que el gas natural representaría la mejor opción para los grupos electrógenos, ya que reducirían significativamente las emisiones de GEI.

**Tabla 34. Factores de emisión de combustión estacionaria**

COMBUSTION ESTACIONARIA			
Combustible	CO <sub>2</sub> (kg/ TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/ TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/ TJ)
Diesel	74,100	3	0.6
Gas licuado de petróleo	63,100	1	0.1
Gas natural	56,100	1	0.1

FUENTE: IPCC 2006 Vol. 2 Cap. 2 Cuadro 2.3

La industria de concreto y agregados del caso de estudio es una instalación móvil, la cual se traslada temporalmente a diferentes zonas para abastecer de concreto y agregados a grandes proyectos de construcción, se recomienda como paso inicial el cambio de los dos grupos electrógenos de 120kW que abastecen a las oficinas administrativas, por las alternativas siguientes:

Alternativa 1: Cambiar los grupos electrógenos de diesel por unos a gas natural

En la **Tabla 35** se muestran los precios de grupos electrógenos que funcionan a diesel y a gas natural para las condiciones más extremas, donde la potencia nominal se ve reducida por su ubicación en altura de 4000 m.s.n.m., temperatura menor a 20°C y a 220V, motivo por el cual su potencia a trabajo continuo es menor.

Los precios de ambos grupos electrógenos son relativamente similares, sin embargo los costos reales de instalación a las condiciones indicadas anteriormente puede hacer que el precio total varíe. En este caso, solo se tienen los costos de instalación estándar para Lima.

**Tabla 35. Precios de grupos electrógenos**

Tipo de combustible	Potencia nominal (kW)	Potencia estimada a trabajo continuo (kW)	Precio referencial del grupo electrógeno (\$)	Precio de instalación estándar (\$)	Marca
Diesel	180	130	42,760*	8000**	Modasa
Gas Natural	200	110	51,980*	6000**	Gamma

(\*) Precio estándar con despacho en Lima

(\*\*) No incluye precio de calentadores de agua, cables y otros accesorios para trabajar a 4000 m.s.n.m. y a temperaturas menores de 20°C. Precio estándar para Lima.

FUENTE: Elaboración propia

Se elaboró la **Tabla 36**, tomando como referencia el consumo de una hora de gas combustible y diesel en grupos electrógenos de 53 kW en carga total, Narvaez (2013) indica que el consumo por hora de gas combustible fue de 6.98 galones (ó 14.5 kg) y de diesel fue de 3.84; además el precio del gas fue de S/.4.74/gal y del diesel fue de S/7.98/gal. Se calculó el precio mensual del combustible, asumiendo 12 horas de trabajo diario por 30 días; así también se empleó los precios de los grupos electrógenos de la **Tabla 35**. El costo de cambiar los grupos electrógenos a gas natural implicaría invertir \$197,633.18.

**Tabla 36. Costo anual de implementación**

Grupo electrógeno	Gasto mensual de consumo de combustible		Gasto anual de consumo de combustible	Costo de grupo electrógeno y costo de instalación estándar	Costo total de implementación
	(S/.)	(\$)*	(\$)	(\$)	(\$)
Diesel	22,063.10	6,303.74	75,644.93	0	0
Gas Natural	23,821.34	6,806.10	81,673.18	115,960	197,633.18

<sup>(\*)</sup>Precio referencial de cambio de dólar 3.5 soles

FUENTE: Elaboración propia

En la **Tabla 37** se presenta el cálculo de las emisiones de GEI que generaría el uso de los grupos electrógenos a gas natural y a diesel. Cabe mencionar que, para el cálculo de las emisiones de GEI del gas natural se utilizó el valor calórico neto de 48,000 kJ/kg indicado por Burga, *et al* (2014), y tal como se puede observar las emisiones de GEI del gas natural son más amigables con el ambiente dado que generan menores cantidades de metano y óxido nitroso a diferencia del diesel.

En el caso que se opte por esta alternativa y se emplee los grupos electrógenos a gas natural, para abastecer de energía a las oficinas administrativas, se obtendría una reducción de 382.81 tCO<sub>2e</sub>, que equivaldría a una reducción del 8% del total de la huella de carbono.



**Tabla 37. Cálculo de emisiones de GEI de los grupos electrógenos**

Grupo electrógeno	Consumo mensual de combustible		Data de Actividad anual	Emisiones de GEI			Total de emisiones de GEI
	(gal- kg)	(TJ)		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
			(TJ)	(tCO <sub>2e</sub> )	(tCO <sub>2e</sub> )	(tCO <sub>2e</sub> )	(tCO <sub>2e</sub> )
Diesel	5025.60	0.7530	9.036	669.57	50.22	8.98	728.76
Gas Natural	10440.00	0.5010	6.012	337.27	8.43	0.25	345.96

FUENTE: Elaboración propia

Alternativa 2: Reemplazar los grupos electrógenos a diesel por un sistema solar fotovoltaico.

Los grupos electrógenos a diesel se emplearon para abastecer de energía eléctrica en corriente alterna de 220V a las oficinas administrativas, en las cuales se emplearon equipos como laptops, luminarias y cargadores de celulares. En la **Tabla 38** se detalla en consumo energético de cada equipo, así como la cantidad aproximada de éstos en la industria de concreto y agregados de una zona de Apurímac.

**Tabla 38. Consumo de energético de equipos**

Ítem	Equipo	Cantidad	Potencia (W)
1	Laptop	14	47
2	Luminarias	30	23
3	Cargador de celular	12	13

FUENTE: Elaboración propia

En el **Anexo 9** se muestra el cálculo de la cantidad de paneles solares necesarios para la industria de concreto y agregados ubicada en la zona de Apurímac. La información utilizada fue la siguiente: latitud de 13.52 S y longitud de 71.95 W de la zona de Apurímac, la irradiación del mes peor del año de Apurímac fue en Febrero con 4.69 kWh/m<sup>2</sup>/día, la cantidad y el consumo energético de los equipos se encuentra detallado en la **Tabla 38** y se consideró el uso de éstos en corriente alterna durante 12 horas al día los 7 días de la semana; la energía en corriente alterna se le aplicó la corrección por inversor considerando 87% de eficiencia, la corrección por regulador considerando 95% de eficiencia y el factor de corrección por ángulo de inclinación del panel de 1.06. Se consideró usar paneles solares

policristalinos de 60 celdas de 250 de potencia pico, el cual tiene el precio de S/.890.00 por panel (ver cotización en el **Anexo 10**).

Como resultado del cálculo preliminar, mostrado en el **Anexo 9**, se ha estimado que para alimentar la demanda energética de 20,327 kWh/día, se requeriría utilizar 17 paneles solares fotovoltaicos, los cuales tienen un costo de \$4,318. La inversión total del sistema solar fotovoltaico instalado que incluye (además de los paneles solares) las baterías, inversores de corriente, reguladores, cables, protecciones, estructuras de soporte, etc., no se ha considerado en el presente cálculo, debido a que requiere mayor precisión de la ubicación del sistema solar e información de los equipos a utilizarse.

No obstante, según DECC (2016) el costo promedio por kW instalado de un sistema solar fotovoltaico es de 2.025 libras, precio equivalente a \$2.92 y que ha bajado a diferencia de años anteriores debido al incremento del uso de paneles solares en el Reino Unido. En cambio, en Perú según Fudrini (2011) el precio promedio de un sistema solar fotovoltaico por kW instalado es de \$8.0. Considerando este último precio, se estimó que el costo de inversión de todo el sistema solar fotovoltaico para abastecer 20,327 kWh/día es de \$162,616.

#### Análisis de las dos alternativas:

Tal como se puede observar en la **Tabla 39**, se destaca que con el uso del sistema solar fotovoltaico se dejaría de emitir 728.76 tCO<sub>2e</sub>, cantidad que equivaldría a reducir en un 15 % la huella de carbono de la industria de concreto y agregados. Además, el costo de inversión del sistema solar fotovoltaico (\$162,616.00) es mucho menor que adquirir grupos electrógenos de gas natural (\$197,633.18), existiendo una diferencia de implementación de \$35,017.18.

Cabe mencionar que, el sistema solar fotovoltaico es perfecto para utilizarse en zonas donde no se cuenta con acceso a la red eléctrica, y mejor aún en zonas de la Sierra como Apurímac, donde la irradiancia tiene valores altos. La inversión de estos equipos es única, debido a que no requieren el abastecimiento diario de combustible para su funcionamiento

como los grupos electrógenos; sin embargo, no se debe descuidar el mantenimiento preventivo de los equipos que comprende el sistema solar.

**Tabla 39. Comparación de alternativas de reducción de emisiones para grupos electrógenos a diesel**

Alternativa	Costo de inversión	Reducción de emisiones de GEI	% de reducción de la Huella de Carbono
	(\$)	(tCO <sub>2e</sub> )	%
1) Cambio de grupos electrógenos a gas natural	197,633.18	382.81	8
2) Uso de sistema solar fotovoltaico	162,616.00	728.76	15

FUENTE: Elaboración propia

En caso se apliquen las estrategias de reducción propuestas para las emisiones de diesel de vehículos livianos y pesados de transporte terrestre, y para las emisiones de diesel de grupos electrógenos; se podría obtener una reducción del **15.054%** de la huella de carbono. El 15% corresponde a la implementación de los sistemas solares fotovoltaicos, y el 0.054% corresponde a adquirir nuevos grupos electrógenos que funcionan a gas natural.

#### **4.3.2 OPORTUNIDADES DE MEJORA**

Las propuestas de oportunidades de mejora tienen la finalidad de controlar y minimizar el incremento de las emisiones que comprenden las fuentes de emisión de GEI que representan el 21% de la huella de carbono, y son las siguientes:

##### **A) Emisiones de diesel de vehículos todo terreno**



Los vehículos todo terreno de la industria de concreto y agregados están conformados aproximadamente por dos cargadores frontales y una excavadora, los cuales generaron emisiones de GEI por la combustión del diesel. Por ello, se recomienda reducir el consumo de combustible a través de buenas prácticas recomendadas por Komatsu Ltd. (2010?), las cuales se muestran en las **Tablas 40 y 41**.

En la **Tabla 40** se observa que, con las recomendaciones 1 y 2 permitirían una reducción de 1,260 y 6,450 litros de combustible al año por cargador frontal con cucharón de 3.4 m<sup>3</sup> respectivamente. Estas reducciones corresponden a las buenas prácticas de evitar mantener el motor en mínimo por una hora diaria, reducir por 30 minutos diarios el aliviar la presión hidráulica y evitar calar el convertidor de torque cuando se usa una carga en ángulo en V. No obstante se podría reducir más cantidad de combustible si se evita el resbalamiento de los neumáticos, si se disminuye la distancia de carguío y minimiza el ángulo V de carguío, y si se traslada el agregado a bajas velocidades.

En la **Tabla 41** se muestra que, con las recomendaciones 1 y 2 permitirían una reducción de 228 y 840 litros de combustible al año por excavadora hidráulica de 20 toneladas respectivamente. Estas reducciones pertenecen a las buenas prácticas de evitar mantener el motor en mínimo por una hora diaria, reducir 6 minutos el alivio de presión hidráulica por día. Sin embargo, se podría reducir más cantidad de combustible si se reduce la velocidad del motor, si se eleva la posición de excavación, si se reduce el ángulo giro a 30°, y si se traslada el agregado a bajas velocidades.


Considerando las cantidades de reducción de combustible atribuidas a las recomendaciones 1 y 2 de las **Tablas 40 y 41**, para dos cargadores frontales se podrían reducir 15420 L de combustible (4073.97 galones) y para una excavadora se reducirían 1068 litros de combustible (282.16 galones). Con estos datos, en la **Tabla 42** se presentó el cálculo de la posible reducción de emisiones de GEI de los dos cargadores frontales y la excavadora, aplicando los mismos factores de emisión y potencial de calentamiento global para los vehículos todo terreno que consumen diesel como combustible, obteniéndose una reducción de la huella de carbono en 48.23 tCO<sub>2e</sub>, equivalente al 1% de la huella de carbono. Sin embargo, se podría reducir aún más la huella, si es que se contara con datos numéricos del ahorro de combustible de la aplicación de las demás recomendaciones y mantenimientos preventivos. Por otro lado, Komatsu Ltd. (2010) menciona que las estadísticas de eficiencia de combustible mostradas en las **Tablas 40 y 41** pueden variar dependiendo del lugar real de trabajo, condición de la máquina y habilidad del operador.

**Tabla 40. Recomendaciones de operación de cargador frontal para ahorro de combustible**

N°	RECOMENDACIONES	Datos de prueba/ medidas
1	 <p>... continuación</p>	<p>Evitar mantener el motor en mínimo, ya que a pesar de que es necesario mantener el motor en mínimo por 5 minutos después del encendido y antes del apagado, mantener el motor en mínimo innecesariamente consume combustible sin motivo. Lo deseable es detener el motor tanto como sea posible.</p> <p><b>Prueba:</b> Reducir en 1 hora la operación en mínimo del motor, por día y 25 días al mes en un cargador frontal con cucharón de 3.4 m<sup>3</sup>. Consumo de combustible en mínimo: 4.20 L/h</p> <p><b>Ahorro de combustible anual:</b> <b><u>1,260 L/año</u></b></p>
2		<p>Evitar aliviar la presión hidráulica y calar el convertidor de torque, ya que mayor combustible es consumido cuando la presión hidráulica es aliviada y el convertidor de torque calado, que cuando se usa una carga en ángulo en V.</p> <p><b>Prueba:</b> Reducir 30 minutos el alivio de presión hidráulica por día y 25 días por mes. Carga en ángulo de 30° en V: 28 L/h Alivio de presión hidráulica y calado del convertidor de torque: 43 L/h</p> <p><b>Ahorro de combustible anual:</b> <b><u>6,450 L/año</u></b></p>

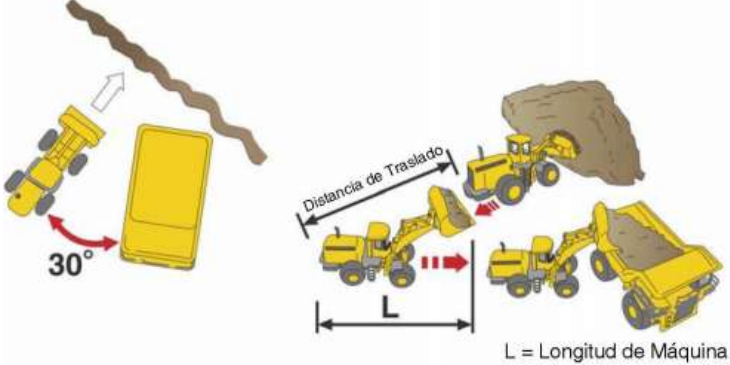
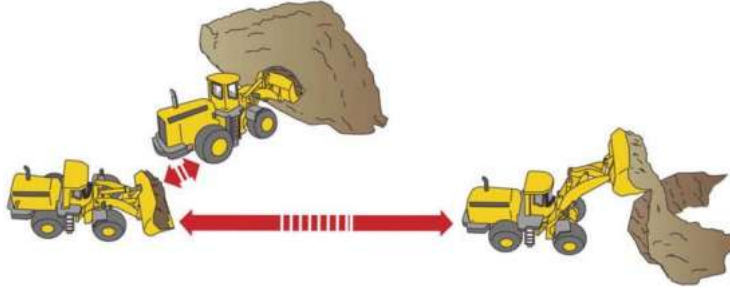
... continúa

... continuación

3		<p>Evitar resbalamiento de neumáticos. Dado que cuando los neumáticos resbalan, el cucharón ya no puede excavar y cargar. El resbalamiento prolongado de los neumáticos hace que se consuma combustible innecesariamente.</p>	<p>a) Si el cucharón es presionado hacia abajo durante el trabajo de excavación, los neumáticos delanteros se despegan del terreno (consecuentemente, la carga en los neumáticos frontales disminuye), lo cual causa que se resbalen fácilmente. Antes de excavar, mantenga el cucharón ligeramente sobre el terreno.</p> <p>b) Cuando los neumáticos muestran señales de resbalamiento, libere el pedal del acelerador ligeramente y presione el pedal del acelerador gradualmente para elevar las revoluciones del motor hasta un nivel justo antes del resbalamiento, de tal modo que pueda excavar y cargar.</p> <p>c) Si los neumáticos empiezan a resbalar nuevamente, libere el pedal del acelerador una vez y pise nuevamente gradualmente para excavar y cargar como se explicó en el punto b.</p>
---	--	---	---

... continúa

... continuación

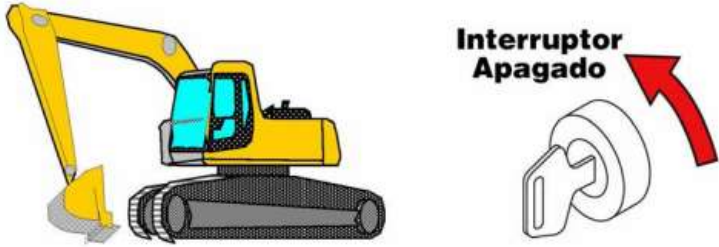

<p>4</p>		<p>Disminuir la distancia de carguío y minimizar el ángulo V de carguío</p>	<p><b>Prueba:</b> Distancia de traslado hacia delante y reversa de 0.8L (longitud de la máquina). Forma de carguío en 30° en V.</p> <p>Eficiencia del combustible:  <b>0.8L : 116%</b>          1.0L: 100%          1.5L: 92%</p>
<p>5</p>		<p>Trasladar a bajas velocidades. Dado que a mayores velocidades de traslado significan mayores revoluciones del motor, gastando más combustible. Contrariamente, el disminuir las revoluciones del motor mejora la eficiencia de combustible en traslado.</p>	<p><b>Prueba:</b> Operación de carguío y traslado. Cucharón lleno. Distancia de traslado de 95m.</p> <p>Consumo de combustible:          21 km/h: 100%          17 km/h: 79%          14 km/h: 65%</p> <p>Eficiencia de combustible:          21 km/h: 100%          17 km/h: 116%          14 km/h: 124%</p>

(\*) Alivio de presión hidráulica: significa que la válvula de alivio del circuito del tanque está abierta. La presión hidráulica no aumentará mientras la válvula esté abierta.

(\*\*) Calado de convertidor de torque: se refiere a la condición del convertidor de torque cuando la máquina es detenida debido a alguna fuerza externa mientras el motor está aún funcionando.

FUENTE: Elaboración propia, Komatsu Ltd. (2010?).




**Tabla 41. Recomendaciones de operación de excavadora hidráulica para ahorrar combustible**

N°	RECOMENDACIONES	Datos de prueba/ medidas
1		<p>Evitar mantener el motor en mínimo.                      Detener el motor tanto como sea posible. No dejar el motor en mínimo durante tiempos de espera o pausas.</p> <p><b>Prueba:</b> Reducir en 1 hora la operación en mínimo del motor, por día y 25 días al mes en una excavadora de 20 toneladas.</p> <p>Consumo de combustible en mínimo: 0.76 L/h</p> <p><b>Ahorro de combustible anual:</b>  <u><b>228 L/año</b></u></p>
2		<p>Evitar aliviar la presión hidráulica tanto como sea posible. Tratar de excavar suavemente aligerando la carga.                      Cuando la presión hidráulica es aliviada, el cucharón no se mueve o carga, es decir, no se puede realizar ningún trabajo, sin embargo el combustible está siendo consumido.</p> <p><b>Prueba:</b> Reducir 6 minutos el alivio de presión hidráulica por día y 25 días por mes.</p> <p>Cuando la presión hidráulica es aliviada: 28 L/h</p> <p><b>Ahorro de combustible anual:</b>  <u><b>840 L/año</b></u></p>

... continúa

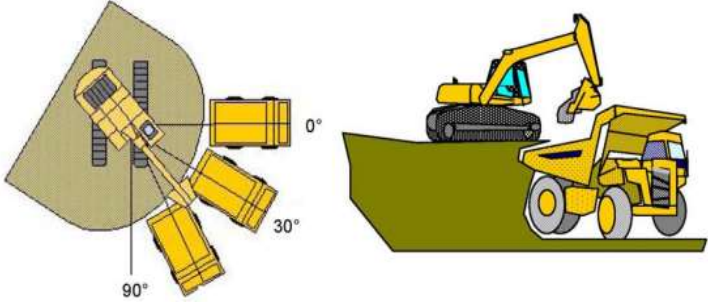
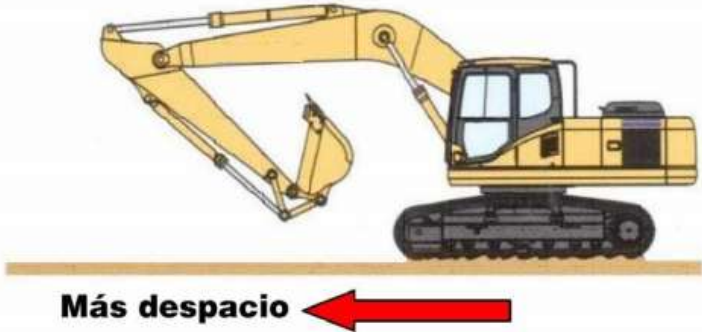


... continuación

<p>3</p>		<p>Reducir la velocidad del motor. Usar Modo E. En la misma operación, menor velocidad, requiere menos consumo. Menor velocidad del motor también reduce la productividad, pero se compensa con el incremento de la eficiencia del combustible.</p>	<p><b>Prueba:</b> Excavadora de 20 toneladas. Cargando un camión de volteo estacionado al mismo nivel (altura). Excavando hacia abajo. Cargando un camión de volteo usando ángulos de giro de 90°. Excavando arena y tierra. ... continúa Consumo de combustible en modo E: 77% Producción en modo E: 88% <b>Eficiencia del combustible en modo E: 114%</b>  Nota: La eficiencia del combustible puede variar dependiendo del material a ser excavado.</p>
<p>4</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Convencional</b></p>  <p><b>Excavación de cuesta completa</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Recomendada</b></p>  <p><b>Excavación escalonada</b></p> </div> </div>	<p>Elevar la posición de excavación. Realizar excavación escalonada. La altura del banco debe ser de la misma altura o ligeramente mayor que la tolva del camión de volteo. Excavar primero la parte superior de la cuesta y luego trabajar en la parte inferior acorta el ciclo de trabajo comparado con la excavación de cuesta</p>	<p><b>Prueba:</b> Excavadora de 20 toneladas. Cargando un camión de volteo estacionado al mismo nivel. Excavando hacia abajo. Cargando un camión de volteo usando ángulos de giro de 90°. Excavando material.  En cuesta escalonada: Ciclo de trabajo: 88% <b>Consumo de combustible: 98%</b> ... continúa Producción: 106% <b>Eficiencia del combustible: 108%</b></p>

... continúa

... continuación

<p>5</p>		<p>completa.</p> <p>Reducir el ángulo de giro. Acercarse al camión de volteo.</p> <p>Al cargar camiones de volteo, el reducir los ángulos de giro puede acelerar el ciclo de trabajo, incrementar la productividad horaria y elevar la eficiencia del combustible.</p>	<p><b>Prueba:</b> Excavadora de 20 toneladas.</p> <p>Considerando un ángulo de giro de 30°:</p> <p>Ciclo de trabajo: 96%</p> <p>Consumo de combustible: 101%</p> <p>Producción: 104%</p> <p>Eficiencia del combustible: 103%</p>
<p>6</p>		<p>Trasladar a bajas velocidades. Dado que, mayores velocidades de traslado significan mayores revoluciones del motor, gastando más combustible.</p> <p>Contrariamente, disminuir la velocidad del motor mejora la eficiencia del combustible en traslado.</p>	<p><b>Prueba:</b> Excavadora de 20 toneladas.</p> <p>Considerando 15% menos de aceleración del motor:</p> <p>Velocidad media de traslado: 71%</p> <p>Consumo de combustible: 67%</p> <p>Eficiencia del combustible: 106%</p>

FUENTE: Elaboración propia, Komatsu Ltd. (2010?).

**Tabla 42. Cálculo de reducción de emisiones de GEI de vehículos todo terreno**

Vehículos todo terreno	Data de Actividad		Emisiones de GEI			Total de emisiones de GEI	% de reducción de la Huella de carbono
			CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O		
	(gal)	(TJ)	(tCO <sub>2e</sub> )	(tCO <sub>2e</sub> )	(tCO <sub>2e</sub> )	(tCO <sub>2e</sub> )	%
<b>Cargador frontal</b>	4072.00	0.6102	45.2135	0.0595	0.7091	45.98	0.94%
<b>Excavadora</b>	282.16	0.0298	2.2112	0.0029	0.0347	2.25	0.05%
<b>Total</b>						<b>48.23</b>	<b>1.0%</b>

FUENTE: Elaboración propia.

### **B) Emisiones de dióxido de carbono de extintores**

Se contó con 14 extintores de dióxido de carbono en promedio, los cuales se ubicaron en diferentes zonas de una industria de concreto y agregados, tales como almacenes de lubricantes, planta y oficinas. Chinchilla (2002) menciona que, el dióxido de carbono es un gas inerte, inodoro e insípido, no corrosivo ni tóxico, y es 1.5 más pesado que el aire, por lo que lo desplaza ocupando su lugar; además los extintores de este tipo se caracterizan por soportar la combustión, lo que sofoca el fuego y sirven para combatir fuegos de clases B (combustibles líquidos y gases inflamables) y C (aparatos eléctricos).

Para reducir la cantidad de extintores de dióxido de carbono y por ende sus emisiones, se propone el cambio de algunos por los extintores de Polvo Químico Seco que posee como agente impulsor aire comprimido, los cuales combaten fuegos de clase B (combustibles líquidos y gases inflamables), clase C (aparatos eléctricos) y también fuegos de clase A (madera, telas, papel). No obstante, Botta (2010) menciona que una de sus desventajas es la corrosividad que puede generar en los equipos eléctricos delicados o de alto valor, al combatir fuegos de clase C.

Por tal motivo, para evitar deterioros de los equipos eléctricos de las plantas de concreto y agregados y de las oficinas, se recomienda el cambio de los extintores de los dos almacenes de lubricantes, los cuales tuvieron una capacidad de 30 lb (13.60 kg) de dióxido de carbono, por dos extintores de PQS de 30lb cada uno. Lo cual permitiría la reducción de 27.2 kg de CO<sub>2</sub>, equivalente a una reducción de 0.0006%

de la huella de carbono. Adicionalmente se recomienda la limpieza de los extintores, una ubicación adecuada y protección para el caso de lluvias y sol, con la finalidad de evitar que se deterioren y se tenga que realizar su cambio antes de tiempo.

### **C) Emisiones de acetileno usado en equipos de corte**

El acetileno de la industria de concreto y agregados se utilizó en procesos de oxicorte para cortar metales. ESAB (2006) menciona que, en el oxicorte, el combustible es el Hierro contenido en el material, el comburente el Oxígeno y el agente iniciador la llama del soplete, la cual se enciende con el acetileno.

Para reducir las emisiones de GEI, se recomienda emplear las prácticas propuestas por ESAB (2006) para optimizar el oxicorte y por ende reducir el consumo de acetileno, las cuales son:

- **Regular el precalentamiento.-** La principal función de la llama de precalentamiento es llevar la pieza hasta la temperatura de ignición. La llama está compuesta por una mezcla proporcionada de gas acetileno y oxígeno, elementos que permiten que conserve la temperatura máxima para mayor eficacia de corte. La relación adecuada entre oxígeno y acetileno debe ser de 1.5/1 y la temperatura máxima debe alcanzar los 3160°C /5720°F).
- **Procurar un haz de oxígeno puro, largo y uniforme.-** Para obtener la dimensión exacta en el ancho del corte, un ángulo recto y un proceso de calidad, el operario debe elegir correctamente el tipo de boquilla, la velocidad del corte y el caudal de oxígeno, con los cuales va a trabajar. Si la velocidad es muy alta, el soplete no tendrá el tiempo suficiente para alcanzar quemar el material, así mismo, si el flujo de oxígeno es demasiado bajo, éste no atravesará la pieza totalmente y dejará escoria en el interior de la ranura. Por ello se recomienda emplear los valores más recomendados por los fabricantes de equipos de oxicorte en cuanto a la presión y velocidad de corte en función del espesor del material a cortar.
- **Elegir el sistema de antorcha correcto.-** En este proceso inciden tres variables fundamentales para asegurar un buen corte: longitud de la antorcha, número de mangueras y válvulas, mezclado y capacidad. En la primera variable, las

longitudes pueden variar entre cinco pulgadas en las unidades biseladoras y máquina portátiles pequeñas, y hasta 20 pulgadas en la máquinas de corte industrial. En la segunda variable, es importante mencionar que lagunas antorchas no contienen válvulas, por lo que deben ser utilizadas con otros aparatos como unidades para biselados, los cuales contienen válvulas de ajuste, sin que esto repercuta en la calidad de corte. El número de mangueras y su uso depende de reguladores de oxígeno de precalentamiento y de corte en el equipo, o de si éstos se activan desde la misma fuente. Para la última variable, se debe poseer mezclador de presiones iguales, inyector (para utilizar cualquier presión de combustible disponible), y boquillas especiales de acuerdo al tipo de gas acetileno o propano.

- **Verificar la composición de material.-** Se debe verificar que el metal a cortar tenga puntos de fusión superiores a los de sus óxidos de Hierro. Además, los metales de baja calidad producen grandes cantidades de escoria y óxido.
- **Cuidar la limpieza.-** Especialmente en el taladro de oxígeno, ya que es un factor fundamental para que el gas circule libremente y obtenga una buena llama.

Por lo expuesto anteriormente, las prácticas recomendadas permitirán reducir el consumo del acetileno y por ende se reducirán las emisiones de GEI. Sin embargo, no se podría calcular dicha reducción de emisiones, puesto que no se cuenta con información del porcentaje de reducción al aplicar cada recomendación, ya que depende de varios factores y condiciones en que se realizaría el oxicorte.

#### **D) Emisiones de GLP usado en cocinas para ensayos de granulometría**

El GLP fue utilizado en aproximadamente dos cocinas para realizar los ensayos de granulometría de los agregados. De acuerdo con Sindelen S.A. (s.f.), para reducir el consumo de GLP y evitar fugas, se proponen las siguientes oportunidades de mejora:

- Verificar que no existan fugas en las uniones realizadas, utilizar para ello una solución jabonosa y observar que no se generen burbujas.
- Asegurar de cerrar las llaves de paso de gas, una vez acabado de utilizar la cocina a GLP.

- Mantenimiento periódico.

Es importante mencionar que, las medidas mencionadas anteriormente no permiten calcular las emisiones de GEI que se podrían reducir, dado que son medidas preventivas que evitarían fugas.

### **E) Emisiones del transporte aéreo del personal**

Esta fuente de emisiones corresponde en su totalidad al Alcance 3 de la huella de carbono, y generaron 483.99 tCO<sub>2e</sub>, que representó el 10% de la huella de carbono.

El personal estimado que hizo uso del transporte aéreo procedió de los siguientes departamentos de origen: Lima, Trujillo, Piura, Cajamarca, Arequipa y Puerto Maldonado; los cuales corresponden aproximadamente al 64% del total de trabajadores.

No obstante, el personal de los departamentos de Trujillo, Piura y Cajamarca, son los que requirieron forzosamente hacer una escala en Lima para llegar hasta Cuzco. Por ello, como oportunidad de mejora se propone mejorar la programación de las jornadas de trabajo al personal que proviene de Trujillo, Piura y Cajamarca; o buscar su reemplazo por personas que provengan de ciudades más cercanas a la industria de concreto y agregados, ubicada en la zona de Apurímac. En el caso que se reemplace el personal proveniente de Lima, Trujillo, Piura y Cajamarca; se podría reducir 76.11 tCO<sub>2e</sub>, equivalente a 1.6% de la huella de carbono.

Finalmente, aplicando las estrategias de reducción y oportunidades de mejora propuestas, se podría reducir 859.46 tCO<sub>2e</sub>, equivalente a 17.65% de la huella de carbono de la industria de concreto y agregados en Apurímac.

Por otro lado, en el caso que se busque neutralizar la totalidad de la huella de carbono de esta industria, se podría sembrar árboles de Hualtaco (*Loxopterigium huasango Sprunce*) en Piura, para poder capturar las de emisiones de GEI, que según Lam (2011), 1 fuste de este árbol equivale a la captura de 0.1875 tCO<sub>2</sub>. Por lo tanto, para neutralizar la totalidad de la huella de carbono, que equivale a 4869.50 tCO<sub>2e</sub>, se requerirían 25,971 fustes de árboles de Hualtaco.

## V. CONCLUSIONES

- La huella de carbono de la industria de concreto y agregados incluyó las emisiones de los Alcances 1 y 3, sin considerar el cambio de uso de suelos, y del período de Abril 2013 hasta Marzo 2014 resultó 4,869.50 tCO<sub>2e</sub>.
- Las emisiones del Alcance 3 de la huella de carbono de la industria de concreto y agregados resultaron menores que las emisiones de los Alcances 1 y 2, y equivalen al 10 por ciento de la huella de carbono y corresponden a las emisiones generadas por el transporte aéreo del personal. Las emisiones del Alcance 1 equivalen al 90 por ciento de la huella de carbono, y correspondieron principalmente a las actividades de producción y suministro del concreto y agregados, además de las emisiones generadas por el transporte terrestre del personal desde el aeropuerto de Cuzco hasta el lugar de trabajo en Apurímac y viceversa, la supervisión de las operaciones, mantenimiento de equipos, y el control de calidad de los agregados.
- En la presente investigación no se generaron emisiones de gases de efecto invernadero del Alcance 2, debido a que el abastecimiento de energía eléctrica, se realizó a través de grupos electrógenos de la misma industria, y por ende las emisiones que se generaron se contabilizaron en el Alcance 1.
- Las estrategias de reducción y las oportunidades de mejora propuestas en la presente investigación, en caso se apliquen podrían reducir aproximadamente 859.46 tCO<sub>2e</sub>, equivalente a 17.65 por ciento de la huella de carbono de la industria de concreto y agregados.



## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar una verificación de la huella de carbono de la presente investigación por una entidad externa, con el objetivo de que sea validada para la certificación de la ISO 14064:1.
- Considerar más fuentes de emisiones de GEI para las emisiones del Alcance 3 de la huella de carbono, tomando en cuenta el objetivo y la utilidad del cálculo de la huella de carbono.
- Para posteriores cálculos se recomienda utilizar factores de emisión de GEI del nivel 2, que involucra utilizar factores de emisión específicos del país, los cuales se derivan de datos detallados relativos al contenido de carbono de diferentes lotes de combustibles utilizados o de una información más detallada acerca de las tecnologías de combustión aplicadas en el país, los cuales permitirían reducir la incertidumbre del cálculo y estimar mejor las tendencias a través del tiempo. Sin embargo, en el Perú no existen estos factores de emisión de GEI, y por lo tanto se recomienda la elaboración de los siguientes factores:
  - Factores de Emisión de GEI para la combustión móvil de diesel en vehículos livianos, pesados y todo terreno; liderado por el MINAM y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
  - Factores de Emisión de GEI para la combustión estacionaria de diesel en grupos electrógenos; liderado por el MINAM y el Ministerio de Energía y Minas.
  - Factores de Emisión de GEI para la combustión estacionaria del acetileno para uso en industrias de construcción; liderado por el MINAM y el Ministerio de Producción.
  - Factores de Emisión de GEI para la combustión estacionaria de GLP para uso en cocinas; liderado por el MINAM y el Ministerio de Energía y Minas.

- Factores de Emisión de GEI para la combustión móvil de la aviación civil (transporte aéreo de personas); liderado por el MINAM y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Se recomienda aplicar las versiones vigentes de los potenciales de calentamiento global acordes al año en que se realiza el cálculo de la huella de carbono.
- Utilizar esta investigación como guía base de cálculo de la huella de carbono para las empresas del rubro de la construcción, con la finalidad de que pueda mejorarse mediante aportes complementarios por los usuarios. Así también, con mayor cantidad de cálculos de huellas de carbono de industrias de concreto, se podría estimar un indicador de emisiones de GEI por metro cúbico de concreto premezclado producido, y con ello poder predecir el impacto de un proyecto de construcción. Para ello, son importantes los aportes de instituciones como el ASPECON y CAPECO.
- Para facilitar el cálculo de la huella de carbono año tras año, la empresa debería elaborar y consolidar en un formato los datos de actividad, tales como el consumo de combustible por tipo de vehículo y equipo, y entre otros que la empresa requiera.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEC (Asociación Española de la Calidad, ES). 2014. AEC homepage (en línea). ES. Consultado 30 set. 2014. Disponible en <http://www.aec.es>

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación, ES). 2011. Las Huellas de Carbono de AENOR: Necesidad y posibilidad. España. 36 diapositivas.

A2G S.A.C. 2010. Huella de carbono del Ministerio del Ambiente -MINAM (en línea). Lima, PE. Consultado 5 nov 2015. Disponible en [http://blogcdam.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2012/03/Informe\\_Final\\_HC\\_MINAM.pdf](http://blogcdam.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2012/03/Informe_Final_HC_MINAM.pdf)

Botta, N. 2010. Los agentes extintores: los polvos químicos secos. 1 ed. Argentina, Red Proteger. 20 p.

Burga, G; Ordoñez, P. 2014. Medida de la huella de carbono en un parque temático con propuesta de reducción y mitigación de gases de efecto invernadero. Tesis Ing. Empresarial y Lic. Biología. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, PE. 95 p.

Calle, C; Guzmán, R. 2010. Cálculo de la Huella de Carbono del Ecolodge Ulcumano ubicado en el sector de La Suiza, distrito de Chontabamba, provincia de Oxapampa, Región Pasco. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, PE. 52 p.

CAPECO (Consejo Peruano de Construcción Sostenible). 2010. CAPECO homepage (en línea). Consultado 15 set. 2016. Disponible en <http://www.capeco.org>

CEMEX (Cementos Mexicanos S.A.B. de C.V., MX) 2015. Informe de Desarrollo Sostenible 2015: Soluciones en concreto para un futuro sostenible. 1 ed. Nuevo León, MX. 90 p.

CER (Centro de Ecoeficiencia y Responsabilidad Social, PE). 2010. Experiencia peruana en Huella de Carbono: Más que una moda, una exigencia para exportar (diapositiva). Lima, PE. 18 diapositivas.

Chinchilla, R. 2002. Salud y Seguridad en el Trabajo. 1 ed. EUNED. CR. 368 p.

DEFRA (Department of Environment, Food & Rural Affairs, UK). 2013. 2013 Government GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors. 4 ed. Government of the United Kingdom. UK. 111 p.

DECC (Department of Energy & Climate Change, UK). 2016 Feed in tariff statistics: Solar PV cost data. 4 ed. Government of the United Kingdom. UK. 3 p.

ESAB (Elektriska Svetsnings-Aktiebolaget, SE). 2006. Manual del operario: Factores que afectan la calidad del oxiacetileno. 1 ed. Carolina del Sur, US. 44 p.

Fudrini, G. 2011. Uso de Fuentes de energías renovables para incrementar la eficiencia del ordeño – caso: Comunidad Campesina Lachaqui, Canta, Lima. Trabajo monográfico (modalidad examen profesional). Ing. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 35 p.

García, G. 2013. Huella de carbono. España, AEC. 1 ed. 8 p.

Gómez, E. 2012. Informe de Gases de Efecto Invernadero del Hospital Galdakao-Usansolo 2011. Barcelona, ES. 17 p.

GOV.UK (Gobierno del Reino Unido) 2015. GOV.UK homepage (en línea). Consultado 15 ene. 2015. Disponible en <https://www.gov.uk>

Ihobe (Sociedad Pública de Gestión Ambiental, ES). 2013. 7 Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero. Bilbao, ES. 31 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, PE). 2011. Norma Técnica Peruana ISO 14064-1:2011. Gases de

Efecto Invernadero Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Lima, PE, Indecopi. 36 p.

INACAL (Instituto Nacional de Calidad, PE) 2015. INACAL homepage (en línea). PE. Consultado 31 oct 2015. Disponible en <http://www.inacal.gob.pe>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, CH). 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (en línea). Ginebra, CH. Consultado el 04 jul 2015. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, CH). 2007. Cambio climático 2007: La base científica física: Grupo de Trabajo I Contribución al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. Ginebra, CH. 996 p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, CH). 2015. Cambio Climático 2014 Mitigación del cambio climático: resumen para responsables de políticas. GT III Contribución del grupo de trabajo III al quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Ginebra, CH. Consultado 31 oct 2015. Disponible: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/WG3AR5\\_SPM\\_brochure\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/WG3AR5_SPM_brochure_es.pdf)

Komatsu Ltd. 2010? Guía de ahorro de combustible. Komatsu Ltd. Tokio, JP. 42 p.

Lafarge Tarmac. 2014. Sustainability Report 2014. 1 ed. UK. 74 p.

Lam, R. 2011. Estimación de la cantidad de carbono capturado por el fuste del (*Loxopterigium huasango* Sprunce) en el Bosque Seco de Sullana, Piura, Perú. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, PE. 211p.

MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). 2009. Experiencia peruana en Huella de Carbono (diapositiva). Santiago de Chile, CL. 15 diapositivas.

MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú, PE). 2014. MINAM homepage (en línea). Consultado 28 set. 2014. Disponible en <http://www.minam.gob.pe>

MPA The Concrete Centre (Mineral Products Assosiations The Concrete Centre, UK). 2014. Concrete Industry Sustainability Performance Report 7th report: 2013 performance data. 1 ed. London, UK. 16 p.

Naciones Unidas. 1992. Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. New York, US. 50 p.

Naciones Unidas. 1998. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. New York, US. 24 p.

Narvaes, R. 2013. Evaluación de performance de grupo electrógeno a GLP y comparación de los costos de operación vs un equivalente diesel para una carga de 53 kW. San Fernando S.A. 1 ed. Lima, Perú. 8 p.

NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association, US). 2012. Concrete CO2 Fact Sheet. 2 ed. US. 13 p.

Oshkosh Corp. 2014. Fiscal 2014 Sustainability Report. 1 ed. Wisconsin, US. 36 P.

PRODUCE (Ministerio de la Producción, PE) 2015. PRODUCE homepage (en línea). PE. Consultado 31 oct 2015. Disponible en <http://www2.produce.gob.pe>

Salas, G; Condorhuaman, C. 2009. Huella de carbono en la industria textil. Revista Peruana de Química e Ingeniería Química. 12(2): 25-28.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MX). 2001. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular de Proyectos de Extracción de Materiales Pétreos “Extracción y trituradora de materiales pétreos Rancho El Cuervo”. Baja California, MX. 34 p.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MX). 2008. Manifestación de Impacto Ambiental de la Planta Móvil de Concretos Pyasur, Champoton, Campeche. Campeche, MX. 154 p.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MX). 2014. Teoría y conceptos generales para elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero. Tlalpan, Mx. 105 p.

Sindelen S.A. s.f. Manual de instrucciones cocinas a gas. 1 ed. Santiago, CL. 28 p.

Sinotruk Peru (2015). Sinotruk Perú homepage (en línea). Consultado 15 may 2016. Disponible en <https://www.sinotruk.pe>

SGS del Perú S.A.C. 2014. SGS homepage (en línea). PE. Consultado 30 set. 2014. Disponible en <http://www.sgs.pe>

UNICON (Unión de Concreteras S.A., PE) 2013. Reporte de Sostenibilidad 2013. 1 ed. Lima, PE. 52 p.

UNICON (Unión de Concreteras S.A., PE) 2014. Reporte de Sostenibilidad 2014. 1 ed. Lima, PE. 102 p.

USEPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos, US). 2005. User's Guide for the Final NONROAD2005 Model. Washington, US. 202 p.

Vodanovic, A. 1993. Repertorio de legislación y jurisprudencia chilenas: propiedad industrial, prenda industrial, prenda agraria, compraventa de cosas inmuebles a plazo. 1 ed. Santiago de Chile, CL. Editorial Jurídica de Chile. 173 p.

WRI (World Resources Institute, US); WBCSD (World Business Council for Sustainable Development, CH); SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MX). 2005. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero: estándar corporativo de contabilidad y reporte. Trads. G Carbajal; G Quadri, Ed. rev. México. 133 p.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Requisitos de la NTP ISO 14064:1-2011

A continuación se detallan los requisitos para el diseño y desarrollo de inventarios de GEI:

#### i) Principios del inventario de GEI

INDECOPI (2011) menciona que, la aplicación de los principios es fundamental para asegurarse que la información relacionada con los gases de efecto invernadero es cierta e imparcial. Además, los principios son la base para los requisitos, y guiarán la aplicación de la NTP –ISO 14064: parte 1, y son:

- Relevancia.- Selecciona las fuentes, sumideros, reservorios de GEI, datos y metodologías apropiados para las necesidades del usuario previsto.
- Cobertura total.- Incluir todas las emisiones y remociones pertinentes de GEI.
- Coherencia.- Permitir comparaciones significativas en la información relacionada con los GEI.
- Exactitud.- Reducir el riesgo y la incertidumbre en la medida de lo posible.
- Transparencia.- Divulgar información suficiente y apropiada relacionada con los GEI, para permitir que los usuarios previstos tomen decisiones con confianza razonable.

#### ii) Selección del año base

INDECOPI (2011) señala que, la organización debe establecer un año base histórico para las emisiones y remociones de GEI con propósitos de comparación, para cumplir los requisitos del programa de GEI o para otros usos previstos para el inventario de GEI. Además, la organización debe usar datos representativos de sus actividades, habitualmente datos de un solo año, un promedio de varios años, o un promedio móvil.



### **iii) Límites de la organización**

Según INDECOPI (2011), la organización debe consolidar todas sus emisiones y remociones de GEI a nivel de instalación por medio de uno de los siguientes enfoques:

Enfoque de control; la organización considera todas las emisiones y/o remociones de GEI cuantificadas en las instalaciones, sobre las cuales tiene control operacional o control financiero; o

Enfoque de cuota de participación correspondiente; la organización responde de su parte de las emisiones y/o remociones de GEI de las respectivas instalaciones.

INDECOPI (2011) señala que, la organización puede utilizar diferentes metodologías de consolidación cuando el programa de GEI o el contrato legal definen disposiciones específicas. Además, cuando una instalación es controlada por varias organizaciones, éstas deberían adoptar la misma metodología de consolidación.

### **iv) Límites operativos**

Según INDECOPI (2011), la organización debe establecer y documentar sus límites operativos, y su establecimiento incluye la identificación de las emisiones y remociones de GEI asociadas a las operaciones de la organización, la clasificación de las emisiones y remociones de GEI son las siguientes:

Emisiones y remociones directas de GEI; la organización debe cuantificar las emisiones directas de GEI provenientes de las instalaciones dentro de los límites de la organización. La organización debería cuantificar las remociones de GEI de las instalaciones dentro de los límites de la organización.

Emisiones indirectas de GEI por energía; la organización debe cuantificar las emisiones indirectas de GEI que provienen de la generación de electricidad, calor o vapor de origen externo, consumido por la organización.

Otras emisiones indirectas de GEI; la organización puede cuantificar otras emisiones indirectas de GEI con base en los requisitos del programa de GEI aplicable, las necesidades del informe interno o el uso previsto del inventario de GEI.

## v) Cuantificación de emisiones y remociones de GEI

INDECOPI (2011) indica que, dentro de sus límites, la organización debe cuantificar y documentar sus emisiones y remociones de GEI completando las siguientes fases, según sea aplicable:

Fase 1: Identificación de fuentes y sumideros de GEI

Fase 2: Selección de la metodología de cuantificación

Fase 3: Selección y recopilación de datos de la actividad de GEI

Fase 4: Selección o desarrollo de los factores de emisión o remoción de GEI

Fase 5: Cálculo de las emisiones y remociones de GEI.

- Fase 1: identificación de fuentes y sumideros de GEI

INDECOPI (2011) indica que, la organización debe identificar y documentar las fuentes de GEI que contribuyen a sus emisiones y remociones de GEI. Además, la organización debe, según sea apropiado, categorizar las fuentes y los sumideros de GEI identificados.

- Fase 2: selección de la metodología de cuantificación

INDECOPI (2011) indica que, la organización debe seleccionar y usar metodologías de cuantificación que minimicen razonablemente la incertidumbre y produzcan resultados exactos, coherentes y reproducibles. Estas metodologías de cuantificación se pueden clasificar en los siguientes tipos:

a) Cálculos basados en:

- Datos de la actividad de GEI multiplicados por los factores de emisión de GEI
- El uso de modelos
- Correlaciones específicas para la instalación
- Enfoque relacionado con los balances de masa

b) Medición

- Continua
- Intermitente

c) **Combinación de medición y cálculo**

La organización debe explicar la selección de las metodologías de cuantificación, y también, explicar cualquier cambio en las metodologías de cuantificación usadas previamente por la organización (INDECOPI 2011).

- Fase 3: selección y recopilación de datos de la actividad de GEI

INDECOPI (2011) menciona que, si se emplean los datos de actividad de los GEI para cuantificar las emisiones y remociones de GEI, la organización debe seleccionar y recopilar datos de actividad de GEI coherente con los requisitos de la metodología de cuantificación relacionada.

- Fase 4: selección o desarrollo de los factores de emisión o remoción de GEI

INDECOPI (2011) señala que, la organización debe seleccionar o desarrollar factores de emisión y remoción de GEI que:

- Se deriven de un origen conocido
- Sean apropiados para las fuentes y sumideros de GEI involucrados
- Estén actualizados en el momento de la cuantificación
- Tengan en cuenta la incertidumbre de la cuantificación y se calculen de forma que produzcan resultados exactos y reproducibles, y
- Sean coherentes con el uso previsto del inventario de GEI

- Fase 5: cálculo de las emisiones y remociones de GEI

INDECOPI (2011) menciona que, la organización debe calcular las emisiones y remociones de GEI de acuerdo con la metodología seleccionada, la cual debe minimizar razonablemente la incertidumbre y producir resultados exactos, coherentes y reproducibles. Además, enfatiza que, cuando se usan los datos de actividad de los GEI para cuantificar emisiones o remociones de GEI, las emisiones o remociones de GEI se deben calcular multiplicando los datos de actividad de los GEI por los factores de emisión o remoción de GEI.

## **Anexo 2. Requisitos del PROTOCOLO DE GEI - Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte Del Protocolo De GEI**

WRI, *et al.* (2005) recomienda que para contabilizar las emisiones de GEI se debe considerar los siguientes lineamientos:

### **i) Principios de contabilidad y reporte de GEI**

Según WRI, *et al.* (2005), los principios son los siguientes:

- **Relevancia.**- Asegura que el inventario de GEI refleje de manera apropiada las emisiones de una empresa y que sea un elemento objetivo en la toma de decisiones tanto de usuarios internos como externos a la empresa.
- **Integridad.**- Conlleva a hacer la contabilidad de manera íntegra, abarcando todas las fuentes de emisión de GEI y las actividades incluidas en el límite del inventario.
- **Consistencia.**- Utiliza metodologías consistentes que permitan comparaciones significativas de las emisiones a lo largo del tiempo. Documenta de manera transparente cualquier cambio en los datos, en el límite del inventario, en los métodos de cálculo o en cualquier otro factor relevante en una serie de tiempo.
- **Precisión.**- Asegura que la cuantificación de las emisiones de GEI no observe errores sistemáticos o desviaciones con respecto a las emisiones reales, hasta donde pueda ser evaluado, y de tal manera que la incertidumbre sea reducida en lo posible. Es necesario adquirir una precisión suficiente que permita a los usuarios tomar decisiones con una confianza razonable con respecto a la integridad de la información reportada.
- **Transparencia.**- Atiende todas las cuestiones significativas o relevantes de manera objetiva y coherente, basada en un seguimiento de auditoría transparente. Revela todos los supuestos de importancia y hace referencias apropiadas a las metodologías de contabilidad y cálculo, al igual que a las fuentes de información utilizadas.

## **ii) Selección del año base**

WRI, *et al* (2005) señala que, las empresas deben elegir y reportar un año base para el cual exista información confiable de emisiones; también debe especificar las razones que condujeron a la elección de ese año en particular.

## **iii) Límites organizacionales**

WRI, *et al.* (2005) indica que, las operaciones de las empresas varían tanto en su estructura legal como en su estructura organizacional; incluyen operaciones que son de su propiedad, alianzas incorporadas y no incorporadas, subsidiarias y otras modalidades. Además, la elección del enfoque puede significar cambios en la categorización de las emisiones al momento de fijar los límites operacionales. Los límites organizacionales poseen los siguientes enfoques:

- a) Enfoque de participación accionaria: bajo este enfoque una empresa contabiliza las emisiones de GEI de acuerdo a la proporción que posee en la estructura accionaria.
- b) Enfoque de control: bajo este enfoque una empresa contabiliza el 100 por ciento de sus emisiones de GEI atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce control. No debe contabilizar emisiones de GEI provenientes de operaciones de las cuales la empresa es propietaria de alguna participación pero no tiene el control de las mismas. Además, este enfoque debe reflejar fielmente el poder real de control que la empresa ejerce sobre distintas operaciones, por ello se tiene dos tipos de control:
  - Control financiero: Una empresa tiene el control financiero sobre una operación si tiene la facultad de dirigir sus políticas financieras y operativas con la finalidad de obtener beneficios económicos de sus actividades.
  - Control operacional: Una empresa ejerce control operacional sobre alguna operación si dicha empresa o alguna de sus subsidiarias tiene autoridad plena para introducir e implementar sus políticas operativas en la operación.

#### **iv) Límites operacionales**

WRI, *et al.* (2005) menciona que, después de haber determinado los límites de la organización, la empresa debe establecer sus límites operacionales para identificar las emisiones asociadas a sus operaciones clasificándolas como emisiones directas, emisiones indirectas por energía y otras emisiones indirectas. Sin embargo, para ayudar a delinear las fuentes de emisiones directas e indirectas, mejorar la transparencia y proveer utilidad para distintos tipos de organizaciones y de políticas de cambio climático y metas empresariales, se definen tres “alcances” para propósitos de reporte y contabilidad de GEI (alcance 1, alcance 2 y alcance 3). Los alcances 1 y 2 se definen cuidadosamente en este estándar para asegurar que dos o más empresas no contabilicen emisiones en el mismo alcance. Las empresas deben contabilizar y reportar de manera separada los alcances 1 y 2, como mínimo.

- Alcance 1: Emisiones directas de GEI

Son aquellas emisiones de GEI que provienen de fuentes propias o controladas, y que son principalmente resultados de los siguientes tipos de actividades, tales como de la generación de electricidad que generan emisiones como resultado de la combustión de calderas, hornos, turbinas, etc.; de procesos físicos o químicos, que generan emisiones resultantes de la manufactura o el procesamiento de químicos y materiales como cemento, aluminio, etc.; del transporte de materiales, productos, residuos y empleados, generan emisiones que resultan de la combustión de combustibles en fuentes móviles que son propiedad o están controladas por la empresa (camiones, trenes, barcos, aviones, autobuses y automóviles); emisiones fugitivas resultantes de la liberación intencional o no intencional de procesos, equipos, entre otros (WRI, *et al* 2005).

- Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad

WRI, *et al* (2005), considera a las emisiones de la generación de electricidad adquirida que es consumida en sus operaciones o equipos propios o controlados. Las emisiones de este alcance 2 son una categoría especial de emisiones indirectas. Para muchas empresas, la electricidad adquirida representa una de las fuentes más importantes de emisión de GEI, y la oportunidad más significativa de reducir dicha emisiones.

- Alcance 3: Otras emisiones indirectas de GEI

WRI, *et al.* (2005) señala que este alcance es opcional, pero provee la oportunidad de innovar en la administración de GEI. Este alcance corresponde al resto de las emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa. Por ejemplo, la extracción y producción de materiales y combustibles adquiridos, actividades relacionadas al transporte: transporte de materiales, bienes adquiridos y combustibles adquiridos; viajes de negocios de empleados, viajes de empleados de ida y vuelta al trabajo, transporte de productos vendidos, transporte de residuos.

Por otro lado, WRI, *et al.* (2005) indica que para contabilizar las emisiones del alcance 3 no necesariamente involucra un análisis de amplia magnitud del ciclo vida de los GEI de todos los productos y operaciones. Usualmente, es útil enfocarse en una o dos grandes actividades generadoras de GEI.

**v) Cuantificación de emisiones y remociones de GEI**

WRI, *et al.* (2005) menciona que, una vez que el límite del inventario ha sido establecido, las empresas generalmente calculan las emisiones de GEI utilizando los siguientes pasos:

Paso 1: Identificar fuentes de emisiones de GEI

Paso 2: Seleccionar un método de cálculo de emisiones de GEI

Paso 3: Recolectar datos sobre sus actividades y elegir factores de emisión

Paso 4: Aplicar herramientas de cálculo

Paso 5: Enviar datos de emisiones de GEI al nivel corporativo

- Paso 1: Identificar fuentes de emisiones de GEI

El primero de los cinco pasos para identificar y calcular las emisiones de una empresa, es categorizar las fuentes de emisiones de GEI dentro de los límites de la empresa. Las emisiones de GEI típicamente provienen de las siguientes categorías de fuentes:

- Combustión fija (S): combustión de combustibles en equipos estacionarios o fijos, como calderas, hornos, quemadores, turbinas, calentadores, incineradores, motores, etc.
- Combustión móvil (M): combustión de combustibles en medios de transporte, como automóviles, camiones, autobuses, trenes, aviones, buques, barcos, barcazas, embarcaciones, etc.
- Emisiones de proceso (P): emisiones de procesos físicos o químicos, como el CO<sub>2</sub> de la etapa de calcinación en la manufactura de cemento, las emisiones de PFC en la fundición de aluminio, etc.
- Emisiones fugitivas (F): liberaciones intencionales y no intencionales, como fugas en las uniones, sellos, empaques, o juntas de equipos, así como emisiones fugitivas derivadas de pilas de carbón, torres de tratamiento, plantas de procesamiento de gas, etc.

Además, cada empresa tiene procesos, productos o servicios que generan emisiones directas y/o indirectas de una o más de las grandes categorías de fuentes arriba mencionadas. Las herramientas de cálculo de este estándar están organizadas con base en estas categorías.

- Paso 2: Seleccionar un método de cálculo de emisiones de GEI

WRI, *et al* (2005) menciona que, la medición directa de emisiones de GEI mediante el monitoreo de concentración y flujo no es común. Más a menudo, las emisiones pueden calcularse con base en un balance de masa o fundamento estequiométrico específico para una planta o proceso. Sin embargo, la aproximación más común para calcular las emisiones de GEI es mediante la aplicación de factores de emisión documentados. Estos factores son cocientes calculados que relacionan emisiones de GEI a una medida de actividad en una fuente de emisión. Los lineamientos del IPCC aluden a una jerarquía de métodos y tecnologías de cálculo que van de la aplicación de factores genéricos de emisión al monitoreo directo.

- Paso 3: Recolectar datos de actividades y elegir factores de emisión

WRI, *et al* (2005) indica que, la mayoría de las empresas pequeñas y medianas, y para muchas grandes empresas:



- Las emisiones de alcance 1 son calculadas con base en las cantidades adquiridas de combustibles comerciales (gas natural, diesel, combustóleo, gasolina, etc.) utilizando los factores de emisión publicados.
- Las emisiones de alcance 2 se calculan primordialmente a partir del consumo de electricidad y de factores de emisión publicados por los proveedores de electricidad o por la red eléctrica local.
- Las emisiones de alcance 3 se calculan primordialmente a partir de los datos de las actividades de la empresa, como el uso de combustible o los kilómetros recorridos por pasajeros, y factores de emisión publicados o de terceras partes.

- Paso 4: Aplicar herramientas de cálculo

WRI, *et al* (2005) indica que, existen dos categorías principales de herramientas de cálculo:

- Herramientas intersectoriales, que pueden ser aplicadas a distintos sectores. Estas incluyen: combustión fija, combustión móvil, uso de HFC en refrigeración y aire acondicionado, e incertidumbre en la medición y estimación.
- Herramientas sectoriales, que están diseñadas para calcular emisiones en sectores específicos, como aluminio, hierro y acero, cemento, petróleo y gas, pulpa y papel, organizaciones basadas en oficinas, etc.

- Paso 5: Enviar datos de emisiones de GEI al nivel corporativo

WRI, *et al* (2005) indica que, para reportar las emisiones totales de una corporación, las empresas usualmente necesitan recopilar y condensar los datos de muchas plantas, posiblemente en distintos países y divisiones de la empresa, y para ello se requiere la aplicación de herramientas para la recolección y administración de datos, los cuales pueden ser bases de datos seguras de la compañía, formatos de hojas de cálculo, formas de reporte en papel para ser enviadas por fax a una oficina corporativa, entre otros.

**Anexo 3. Consolidado de la data de actividad aproximada de una industria de concreto y agregados**

**Tabla 43. Consolidado de la data de actividad aproximada de una industria de concreto y agregados**

Meses	DA de diesel de vehículos livianos y pesados	DA de diesel de vehículos todo terreno	DA diesel de grupos electrógenos	DA de dióxido de carbono de extintores	DA de acetileno usado en equipos de corte	DA de GLP usado en cocinas para ensayos de granulometría	DA de transporte aéreo del personal
	galones	galones	galones	kg	m3	kg	pkm
<b>abr-13</b>	18147.21	4011.79	8870.8	8.3698	28.0	2150.0	218976
<b>may-13</b>	16691.1	4330.2	9599.5	8.3698	70.0	3225.0	210186
<b>jun-13</b>	11698.5	2812	9611.0	8.3698	20.0	2407.5	202359
<b>jul-13</b>	1457.6	4276	11315.0	8.3698	80.0	3765.0	206820
<b>ago-13</b>	14736.3	4441	10124.0	8.3698	0.0	1736.5	192756
<b>sep-13</b>	10405.6	2515	8166.0	8.3698	40.0	1887.5	190998
<b>oct-13</b>	9671.1	3775	6839.0	8.3698	0.0	1615.0	194514
<b>nov-13</b>	10534.3	3254.5	6669.9	8.3698	90.0	2155.0	190998
<b>dic-13</b>	9158.2	2879.4	6339.4	8.3698	0.0	1887.5	190998
<b>ene-14</b>	11061.3	2484	6107.0	8.3698	10.0	1352.5	184035
<b>feb-14</b>	13062.2	1679	6598.0	8.3698	0.0	817.5	190413
<b>mar-14</b>	12682	2402	8739.0	8.3698	0.0	1356.5	206235

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 4. Hoja de Seguridad del Diesel

<b>FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>			
(Conforme al D.S. 026-94-EM)			
<b>Petróleo Diesel N° 2</b>			
<b>1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO</b>			
<b>Empresa:</b> REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.  <b>Dirección:</b> Casilla Postal 10245 Km. 25 Carretera a Ventanilla, Lima-1  <b>Tel# (51-1) 517-2021</b> <b>(51-1) 517-2022</b>  <b>Fax# (51-1) 517-2026</b>	<b>Nombre comercial:</b> Petróleo Diesel N° 2  <b>Nombre químico:</b> Diesel.  <b>Sinónimos:</b> Combustible para motor diesel; Petróleo diesel.  <b>Fórmula:</b> Mezcla compleja de hidrocarburos del petróleo.		
		<b>N° CAS:</b> 68334-30-5	
	<b>N° CE (EINECS):</b>	<b>N° Anexo I (Dir. 67/548/CEE):</b>	
<b>2. COMPOSICIÓN</b>			
<b>Composición general:</b> Combinación compleja de hidrocarburos producida por la destilación del petróleo crudo. Compuesta de hidrocarburos con un número de carbonos en su mayor parte dentro del intervalo de C <sub>9</sub> a C <sub>20</sub> y con un intervalo de ebullición aproximado de 149°C a 385°C.			
Componentes peligrosos	Rango %	Clasificación	
		R	S
Combustibles para motor diesel.	> 99	R10 Carc. Cat. 3; R40 Xn; R65 R66 N; R51/53	S16-36/37-61-62
<b>3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS</b>			
FÍSICO/QUÍMICOS	TOXICOLÓGICOS (SÍNTOMAS)		
Combustible si se calienta por encima de su punto de inflamación.	<b>Inhalación:</b> La exposición repetida y prolongada a altas concentraciones de vapor causa irritación de las vías respiratorias y alteraciones del sistema nervioso central. En casos extremos puede dar lugar a neumonía química.  <b>Ingestión/Aspiración:</b> Causa irritación en la garganta y estómago. La aspiración de gasóleo a los pulmones puede producir daño pulmonar.  <b>Contacto piel/ojos:</b> El contacto prolongado y repetido puede producir irritación y causar dermatitis. El contacto con los ojos puede causar irritación si se produce en altas concentraciones.  <b>Efectos tóxicos generales:</b> Peligro de aspiración hacia los pulmones. Los efectos más comunes son irritación de las vías respiratorias, ojos y piel. Posibles efectos cancerígenos. Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.		
Petróleo Diesel N° 2			
<b>Rev.:</b> 1.8	<b>Fecha:</b> 9 de Marzo de 2007	<b>Doc:</b> GSTC-F-DIESEL	1 de 6

#### 4. PRIMEROS AUXILIOS

**Inhalación:** Trasladar al afectado a una zona de aire fresco. Si la respiración es dificultosa practicar respiración artificial o aplicar oxígeno.

**Ingestión/Aspiración:** NO INDUCIR EL VÓMITO para evitar la aspiración hacia los pulmones. En caso de entrada accidental de pequeñas cantidades de producto a la boca es suficiente el enjuague de la misma hasta la desaparición del sabor.

**Contacto piel/ojos:** Quitar inmediatamente la ropa impregnada. Lavar las partes afectadas con agua y jabón. En caso de contacto con los ojos, lavar abundantemente con agua durante unos 15 minutos. Solicitar asistencia médica.

**Medidas generales:** Solicitar asistencia médica.

#### 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

**Medidas de extinción:** Agua pulverizada, espuma, polvo químico, CO<sub>2</sub>.

NO UTILIZAR NUNCA CHORRO DE AGUA DIRECTO.

**Contraindicaciones:** NP

**Productos de combustión:** CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, hidrocarburos quemados, hollín.

**Medidas especiales:** Mantener alejados de la zona de fuego los recipientes con producto. Enfriar los recipientes expuestos a las llamas. Si no se puede extinguir el incendio dejar que se consuma controladamente. Consultar y aplicar planes de emergencia en el caso de que existan.

**Peligros especiales:** Material combustible. Puede arder por calor, chispas, electricidad estática o llamas. El vapor puede alcanzar fuentes remotas de ignición e inflamarse. Los recipientes, incluso vacíos, pueden explotar con el calor desprendido por el fuego. Peligro de explosión de vapores en el interior, exterior o en conductos. Nunca verter a una alcantarilla o drenaje, puede inflamarse o explotar.

**Equipos de protección:** Prendas para lucha contra incendios resistentes al calor. Cuando exista alta concentración de vapores o humos utilizar aparato de respiración autónoma.

#### 6. MEDIDAS EN CASO DE LIBERACIÓN ACCIDENTAL

**Precauciones para el medio ambiente:** Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. Los vertidos forman una película sobre la superficie del agua impidiendo la transferencia de oxígeno.

**Precauciones personales:** Aislar el área. Eliminar todas las fuentes de ignición; evitar chispas, llamas o fumar en la zona afectada.

**Detoxificación y limpieza:** Derrames pequeños: Secar la superficie con materiales ignífugos y absorbentes. Depositar los residuos en contenedores cerrados para su posterior eliminación.

Derrames grandes: Evitar la extensión del líquido con barreras.

**Protección personal:** Guantes impermeables. Calzado de seguridad. Protección ocular en caso de riesgo de salpicaduras. Aparatos de respiración autónoma si es necesario.

etróleo Diesel Nº 2

Rev.: 1.8

Fecha: 9 de Marzo de 2007

Doc: GSTC-F-DIESEL

2 de 6

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

### Manipulación:

*Precauciones generales:* Evitar la exposición a los vapores. En el trasvase utilizar guantes y gafas para protección de salpicaduras accidentales. No fumar en las áreas de manipulación del producto. Para el trasvase utilizar equipos conectados a tierra.

*Condiciones específicas:* En lugares cerrados usar sistema de ventilación local eficiente y antideflagrante. En trabajos en tanques vacíos no se debe soldar o cortar sin haber vaciado, purgado los tanques y realizado pruebas de explosividad. Se deben emplear procedimientos especiales de limpieza y mantenimiento de los tanques para evitar la exposición a vapores y la asfixia (consultar manuales de seguridad).

*Uso Específico:*

### Almacenamiento:

*Temperatura y productos de descomposición:* Puede producir monóxido de carbono y vapores irritantes, en combustión incompleta.

*Reacciones peligrosas:* Material combustible.

*Condiciones de almacenamiento:* Guardar el producto en recipientes cerrados y etiquetados. Mantener los recipientes en lugar fresco y ventilado, alejados del calor y de fuentes de ignición. Mantener alejado de oxidantes fuertes.

*Materiales incompatibles:* Oxidantes fuertes.

## 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

### Equipos de protección personal:

*Protección respiratoria:* Máscara de protección respiratoria en presencia de vapores o equipo autónomo en altas concentraciones.

*Protección cutánea:* Guantes impermeables.

*Protección ocular:* Gafas de seguridad. Lavaojos.

*Otras protecciones:* Cremas protectoras para prevenir la irritación. Duchas en el área de trabajo.

**Precauciones generales:** Evitar el contacto prolongado y la inhalación de vapores.

**Prácticas higiénicas en el trabajo:** Seguir las medidas de cuidado e higiene de la piel, lavando con agua y jabón frecuentemente y aplicando cremas protectoras.

### Controles de exposición:

GasÓleo:

TLV/TWA (ACGIH): 100 mg/m<sup>3</sup>

Umbral olfativo de detección: 0.25 ppm

GasÓleo Diesel N° 2

Rev.: 1.8

Fecha: 9 de Marzo de 2007

Doc: GSTC-F-DIESEL

3 de 6

<b>9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>	
<b>Aspecto:</b> Líquido oleoso.	<b>pH:</b> NP
<b>Color:</b>	<b>Olor:</b> Característico.
<b>Punto de ebullición:</b> PIE: 149 °C, PFE: 385 máx. (ASTM D-86)	<b>Punto de fusión/congelación:</b>
<b>Punto de inflamación/Inflamabilidad:</b> 52 °C mín. (ASTM D-93)	<b>Autoinflamabilidad:</b> 257 °C
<b>Propiedades explosivas:</b> Límite inferior explosivo: 1.3% Límite superior explosivo: 6 %	<b>Propiedades comburentes:</b> NP
<b>Presión de vapor:</b> (Reid) 0.004 Atm.	<b>Densidad:</b> 0.87 g/cm <sup>3</sup> a 15 °C (ASTM D-1298)
<b>Tensión superficial:</b> 25 dinas/cm <sup>2</sup> a 25 °C	<b>Viscosidad:</b> 1.7-4.1 cSt. a 40 °C (ASTM D-445)
<b>Densidad de vapor:</b> 3.4 (aire: 1)	<b>Coef. reparto (n-octanol/agua):</b>
<b>Hidrosolubilidad:</b> Muy baja.	<b>Solubilidad:</b> En disolventes del petróleo.
<b>Otros datos:</b> Punto de obstrucción filtro frío: -6 °C (verano e invierno) Calor de combustión: -45500 KJ/Kg (ASTM D-240) Azufre: 0.5 % masa máx. (ASTM D-4294)	
<b>10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	
<b>Estabilidad:</b> Producto estable a temperatura ambiente. Combustible por encima de su punto de ebullición.	<b>Condiciones a evitar:</b> Exposición a llamas, chispas, calor.
<b>Incompatibilidades:</b> Oxidantes fuertes.	
<b>Productos de combustión/descomposición peligrosos:</b> CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, CO(en caso de combustión incompleta), hidrocarburos inquemados	
<b>Riesgo de polimerización:</b> NP	<b>Condiciones a evitar:</b> NP
<b>11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA</b>	
<b>Vías de entrada:</b> La inhalación es la ruta más frecuente de exposición. Contacto con la piel, ojos e ingestión son otras vías probables de exposición.	
<b>Efectos agudos y crónicos:</b> La aspiración a los pulmones como consecuencia de la ingestión o el vómito, es muy peligrosa. La inhalación produce irritación de las vías respiratorias y el contacto prolongado y repetido irritación de piel y ojos. Posibles efectos cancerígenos. DL <sub>50</sub> > 5 g/Kg (oral-rata)	
<b>Carcinogenicidad:</b> Clasificación CE: <b>Categoría 3</b> (Sustancias cuyos posibles efectos carcinogénicos en el hombre son preocupantes, pero de las que no se dispone de información suficiente para realizar una evaluación satisfactoria)	
<b>Toxicidad para la reproducción:</b> No existen evidencias de toxicidad para la reproducción en mamíferos.	
<b>Condiciones médicas agravadas por la exposición:</b> Problemas respiratorios y afecciones dermatológicas. No se debe ingerir alcohol dado que promueve la absorción intestinal de los gasóleos.	
Petróleo Diesel N° 2	
Rev.: 1.8	Fecha: 9 de Marzo de 2007
Doc: GSTC-F-DIESEL	
4 de 6	

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

### Forma y potencial contaminante:

*Persistencia y degradabilidad:* Liberado en el medio ambiente los componentes más ligeros tenderán a evaporarse y fotooxidarse por reacción con los radicales hidroxilos, el resto de los componentes más pesados también pueden estar sujetos a fotooxidación pero lo normal es que sean absorbidos por el suelo o sedimentos. Liberado en el agua flota y se separa y aunque es muy poco soluble en agua, los componentes más solubles podrán disolverse y dispersarse. En suelos y sedimentos, bajo condiciones aeróbicas, la mayoría de los componentes del gasóleo están sujetos a procesos de biodegradación, siendo en condiciones anaerobias más persistente. Posee un DBO de 8% en cinco días.

*Movilidad/Bioacumulación:* Los log  $K_{ow}$  de los componentes del gasóleo sugieren su bioacumulación, pero los datos de literatura demuestran que esos organismos testados son capaces de metabolizar los hidrocarburos del gasóleo.

**Efecto sobre el medio ambiente:** Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

## 13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

**Métodos de eliminación de la sustancia (excedentes):** Combustión o incineración.

### Residuos:

*Eliminación:* Los materiales contaminados serán depositados en vertederos controlados y como última alternativa podrán ser incinerados en tanto se cumplan las condiciones técnicas apropiadas. Remitirse a un gestor autorizado.

*Manipulación:* Los materiales contaminados por el producto presentan los mismos riesgos y necesitan las mismas precauciones que el producto y deben considerarse como residuo tóxico y peligroso. No desplazar nunca el producto a drenaje o alcantarillado.

*Disposiciones:* Los establecimientos y empresas que se dediquen a la recuperación, eliminación, recogida o transporte de residuos deberán cumplir la ley 27314, ley general de residuos sólidos, su reglamento D.S. 057-2004-PCM y las normas sectoriales y locales específicas y las disposiciones vigentes del D.S. 015-2006-EM relativo a la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos u otras disposiciones en vigor.

## 14. CONSIDERACIONES RELATIVAS AL TRANSPORTE

**Precauciones especiales:** Estable a temperatura ambiente y durante el transporte. Almacenar en lugares frescos y ventilados.

### Información complementaria:

Número ONU: 1993

Número de identificación del peligro: 30

Nombre de expedición: LÍQUIDO INFLAMABLE, N.E.P.

ADR/RID: Clase 3. Grupo de embalaje: III

IATA-DGR Clase 3. Grupo de embalaje: III

IMDG: Clase 3. Grupo de embalaje: III

Petróleo Diesel Nº 2

Rev.: 1.8

Fecha: 9 de Marzo de 2007

Doc: GSTC-F-DIESEL

5 de 6

## 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

### CLASIFICACIÓN ETIQUETADO

**R10**

**Carc. Cat. 3; R40**

**Xn; R65**

**R66**

**N; R51/53**

**Símbolos: Xn, N**

**Frasas R**

R10: Inflamable

R40: Posibles efectos cancerígenos.

R65: Nocivo: Si se ingiere puede causar daño pulmonar.

R66: La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

R51/53: Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

**Frasas S**

S16: Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas – No fumar.

S36/37: Úsese indumentaria y guantes de protección adecuados.

S61: Evítense su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

S62: En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta o el envase.



Otras regulaciones:

## 16. OTRAS INFORMACIONES

### Bases de datos consultadas

EINECS: European Inventory of Existing Commercial Substances.  
TSCA: Toxic Substances Control Act, US Environmental Protection Agency  
HSDB: US National Library of Medicine.  
RTECS: US Dept. of Health & Human Services

### Frasas R incluidas en el documento:

### Normativa consultada

Ley N° 27314: Ley general de residuos sólidos.  
D.S. 057-2004-PCM: que aprueba el reglamento de la Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos.  
D.S. 015-2006-EM: Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos.  
D.S. 026-94-EM: Reglamento de seguridad para el transporte de hidrocarburos.  
D.S. 030-98-EM: Reglamento para la comercialización de combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos.  
D.S. 045-2001-EM: Reglamento para la Comercialización de Combustibles Líquidos y otros Productos Derivados de los Hidrocarburos.  
D.S. 041-2005-EM: Modificación del D.S. 025-2005-EM que aprueba el cronograma de reducción progresiva del contenido de azufre en el combustible Diesel N° 1 y N° 2.  
D.S. 025-2005-EM: Aprueban cronograma de reducción progresiva del contenido de azufre en el combustible Diesel N° 1 y N° 2.  
Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR).  
Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID).  
Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG).  
Regulaciones de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea.

### Glosario

CAS: Servicio de Resúmenes Químicos	VLA-ED: Valor Límite Ambiental – Exposición Diaria
IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer	VLA-EC: Valor Límite Ambiental – Exposición Corta
ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.	DL50: Dosis Letal Media
TLV: Valor Límite Umbral	CL50: Concentración Letal Media
TWA: Media Ponderada en el tiempo	CE50: Concentración Efectiva Media
STEL: Límite de Exposición de Corta Duración	CI50: Concentración Inhibitoria Media
REL: Límite de Exposición Recomendada	BOD: Demanda Biológica de Oxígeno.
PEL: Límite de Exposición Permitido	NP: No Pertinente
INSHT: Instituto Nal. De Seguridad e Higiene en el Trabajo	I: Cambios respecto a la revisión anterior

La información que se suministra en este documento se ha recopilado en base a las mejores fuentes existentes y de acuerdo con los últimos conocimientos disponibles y con los requerimientos legales vigentes sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. Esto no implica que la información sea exhaustiva en todos los casos. Es responsabilidad del usuario determinar la validez de esta información para su aplicación en cada caso.

\*Petróleo Diesel N° 2

Rev.: 1.8


Fecha: 9 de Marzo de 2007

Doc: GSTC-F-DIESEL

6 de 6



## Anexo 5. Hoja de Seguridad del Acetileno

		→ Hoja de producto							
		<h1>Acetileno</h1>							
<b>Denominación:</b>	Acetileno (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )								
<b>Pureza, % Vol:</b>	≥ 99,5 %								
<b>Impurezas, ppm/v:</b>	Compuestos de azufre y fósforo ≤ 100 ppm								
<b>Formas de suministro:</b>	<b>Botellas de acero (disolvente: Acetona)</b>								
Capacidad Litros	Diámetro mm	Altura con tulipa mm	Peso total aprox. llenas kg						
5	140	600	14						
20	204	905	40						
40	229	1.370	81						
40*	229	1.370	82						
		Presión llenado bar (15 °C)	Contenido kg						
		15	1						
		15	4						
		15	7						
		15	8						
* Se puede suministrar en botella con sistema compacto LISY <sup>tec</sup> / VIVANTOS <sup>®</sup> .									
<b>Bloques de botellas en posición vertical (disolvente: Acetona)</b>									
Tipo	Capacidad bloque litros	Medidas Alto x Ancho x Largo mm	Peso total aprox. llenos kg						
6 x 40	240	1.560 x 560 x 760	660						
9 x 40	360	1.690 x 840 x 840	903						
12 x 40	480	1.506 x 860 x 1.100	960						
10 x 50	500	1.650 x 750 x 1.620	999						
16 x 40	640	1.964 x 867 x 867	1.550						
		Presión llenado bar (15 °C)	Contenido kg						
		15	42						
		15	63						
		15	87						
		15	85						
		15	128						
<b>Identificación:</b>	Botellas con cuerpo y ojiva de color rojo RAL 3009 con la etiqueta indicativa del producto.								
<b>Clasificación de Transporte / ADR:</b>	Clase 2,4 <sup>o</sup> F      N° ONU 1001								
<b>Conexiones:</b>	Válvula de la botella: y del bloque:      Estribo Ø 21 Ø 10 ITC-EP-6, Tipo A Hembra W 22,91 x 1/14" (izquierdas) (R5/8") ITC-EP-6, Tipo H LISY <sup>tec</sup> y VIVANTOS <sup>®</sup> :      Enchufe rápido (EN 561-ISO 7289-F)								
<b>Consumos:</b>	No se deberán sobrepasar los siguientes caudales en litros/h (a 15 °C y 1 bar).								
	<b>Tipo</b>	<b>Botellas</b>			<b>Bloques</b>				
		5	20	40	6 X 40	9 X 40	12 X 40	10 X 50	16 x 40
	Grandes consumos (corta duración)	400	600	1.000	6.000	9.000	12.000	10.000	16.000
	Consumo normal	200	300	500	3.000	4.500	6.000	5.000	8.000
	Consumo continuo	140	200	350	2.000	3.000	4.000	3.500	5.600
<b>Factores de conversión:</b>	m <sup>3</sup> gas (1 bar y 15 °C)		kg						
	1		1,095						
	0,913		1						

**Características:** El Acetileno es un gas inflamable, incoloro, de olor débilmente etéreo y dulce. Es un 10% más ligero que el aire.

Fórmula química:	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	
Masa molar:	26,038 g/mol	
Punto triple:	192,60 K (-80,55 °C) / 1,28 bar	
Punto crítico:	309,45 K (36,3 °C) / 62,4 bar	
Punto de ebullición a 1013 mbar (temperatura de sublimación):	189,55 K (-83,6 °C)	
Estado gaseoso a 1 bar y 15 °C:	Densidad relativa al aire: 0,905	
Temperatura de autoinflamación:	En aire:	335 °C
	En oxígeno:	300 °C
Límites de inflamabilidad:	En aire: 2,2 - 85% vol.	
Proporción de mezcla Acetileno/ Oxígeno para la llama:	Máximo:	1 : 1,5
	Normal:	1 : 1,1
Temperatura de la llama:	Máximo:	3.160 °C
	Normal:	3.106 °C
Aporte calorífico de la llama:	Máximo:	17,4 kJ/cm <sup>2</sup> seg.
	Normal:	8,4 kJ/cm <sup>2</sup> seg.
Velocidad de propagación de la llama:	Máximo:	1.160 cm/seg.
	Normal:	710 cm/seg.
Poder calorífico inferior:	48.700 kJ/kg	

**Aplicaciones:** El Acetileno es un combustible universal, idóneo para todas las técnicas autógenas. Debido a sus especiales características físico-químicas, alcanza la temperatura de llama más elevada, y posee una gran intensidad de llama y velocidad de combustión (características decisivas para valorar un gas combustible).

Otras aplicaciones de Acetileno: calentamiento y precalentamiento con sopletes especiales con oxígeno y aire comprimido. Oxicorte manual y automático de aceros al carbono. Proyección térmica de superficies y metalización con llama. La producción de negro de humo en la industria del vidrio, aluminio y cobre. En el decapado térmico de superficies de hormigón y piedra natural. En boyas de señalización marítima.

**Otras formas de suministro:** Acetileno 2.6 Absorción Atómica

**Sujeto a alteraciones:** 33268/05.14

**Abelló Linde, S.A**  
División Gases Industriales  
www.linde-gas.es

**Región Nordeste:**  
Bailén, 105 - 08009 BARCELONA  
Tel. Call Center: 902 426 462 - Fax: 902 181 078  
e-mail: ccenternordeste@es.linde-gas.com

**Región Centro:**  
Ctra. Alcalá - Daganzo, km. 3,8  
Pol. Ind. Bañuelos, Haili, 1  
28806 ALCALÁ DE HENARES (Madrid)  
Tel. Call Center: 902 426 464 - Fax: 918 776 110  
e-mail: ccentercentro@es.linde-gas.com

**Región Levante:**  
Camino de Liria s/n, Apdo. de Correos, nº25  
46530 PUÇOL (Valencia)  
Tel. Call Center: 902 426 463 - Fax: 961 424 143  
e-mail: ccenterlevante@es.linde-gas.com

**Región Sur:**  
Pol. Ind. Ciudad del Transporte,  
Real de Vellón, P-27  
11591 JEREZ DE LA FRA. (Cádiz)  
Tel. Call Center: 902 426 465 - Fax: 956 158 064  
e-mail: ccenterur@es.linde-gas.com

## Anexo 6. Hoja de Seguridad del GLP

### FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

(Conforme al D.S. 026-94-EM)

#### GAS LICUADO DE PETRÓLEO

#### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empresa:</b> REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.  <b>Dirección:</b> Casilla Postal 10245 Km. 25 Carretera a Ventanilla Lima-1  <b>Tel# (51-1) 517-2021</b> (51-1) 517-2022  <b>Fax# (51-1) 517-2026</b>	<b>Nombre comercial:</b> GAS LICUADO DE PETRÓLEO <b>Nombre químico:</b> Mezcla de propanos y butanos.  <b>Sinónimos:</b> GLP (Gas Licuado de Petróleo)  <b>Fórmula:</b> Hidrocarburos, ricos en C <sub>3</sub> - C <sub>4</sub>	<b>N° CAS:</b> 68512-91-4
	<b>N° CE (EINECS):</b>	<b>N° Anexo I (Dir. 67/548/CEE):</b>

#### 2. COMPOSICIÓN

**Composición general:** Combinación compleja de hidrocarburos producida por destilación y condensación del petróleo crudo. Compuesta de hidrocarburos con un número de carbonos dentro del intervalo de C<sub>3</sub> a C<sub>5</sub>, en su mayor parte de C<sub>3</sub> a C<sub>4</sub>.

Componentes peligrosos	Rango %	Clasificación	
		R	S
Hidrocarburos, ricos en C <sub>3-4</sub> , destilado del petróleo; Gases de petróleo. (1,3-butadieno < 0.1%).	> 99	F+, R12	S (2)-9-16-33

#### 3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

FÍSICO/QUÍMICOS	TOXICOLÓGICOS (SÍNTOMAS)
Líquido extremadamente inflamable y combustible.  Los vapores forman mezclas explosivas con el aire.  Los vapores son más pesados que el aire y pueden desplazarse hasta fuentes alejadas de ignición.  Los vapores desplazan el aire de zonas bajas y áreas deprimidas creando riesgos de insuficiencias respiratorias o asfixia.	<b>Inhalación:</b> A altas concentraciones en el aire, posee propiedades narcóticas y asfixiantes debido a la disminución del oxígeno disponible para la respiración. Puede causar efectos adversos sobre el sistema nervioso central. Los efectos pueden incluir excitación, dolor de cabeza y mareos. Concentraciones superiores al 10% pueden causar irregularidades cardíacas.  <b>Ingestión/Aspiración:</b> NP  <b>Contacto piel/ojos:</b> El líquido o el vapor frío pueden producir quemaduras por congelación.  <b>Efectos tóxicos generales:</b> El producto es un gas asfixiante simple, debido al desplazamiento de oxígeno del aire. Puede causar efectos adversos sobre el sistema nervioso central.

GAS LICUADO DE PETRÓLEO

Rev.: 1.6

Fecha: 25 de Mayo de 2006

Doc: GSTC-F-GLP

1 de 6

#### 4. PRIMEROS AUXILIOS

**Inhalación:** Trasladar al afectado a una zona de aire fresco. Si la respiración es dificultosa practicar respiración artificial o aplicar oxígeno. Solicitar asistencia médica.

**Ingestión/Aspiración:** NP

**Contacto piel/ojos:** Las quemaduras por congelación tienen el mismo tratamiento que las quemaduras de origen térmico. Lavar inmediata, abundante y cuidadosamente con agua. No frotar las partes afectadas. Solicitar asistencia médica.

**Medidas generales:** Solicitar asistencia médica.

#### 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

**Medidas de extinción:** Agua pulverizada, polvo químico, CO<sub>2</sub>.  
NO UTILIZAR NUNCA CHORRO DE AGUA DIRECTO.

**Contraindicaciones:** NP

**Productos de combustión:** CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO (en caso de combustión incompleta)

**Medidas especiales:** Mantener alejados de la zona de fuego los recipientes con producto. Enfriar los recipientes expuestos a las llamas. No apagar la llama de un escape de gas. Aislar la fuga si es posible y, en caso contrario, dejar quemar controladamente. Dispersar los vapores con agua pulverizada. Consultar y aplicar planes de emergencia en el caso de que existan.

**Peligros especiales:** Producto extremadamente inflamable por calor, chispas, electricidad estática o llamas. El vapor, más pesado que el aire, puede desplazarse hasta fuentes de ignición alejadas. Los recipientes sin válvulas de seguridad pueden explotar tras exposición a elevadas temperaturas. Los recipientes casi vacíos o vacíos, presentan los mismos riesgos que los llenos. Peligro de explosión de vapores en espacios cerrados, exteriores o en conductos. Son especialmente peligrosos los vertidos al alcantarillado. El líquido flota en el agua y puede existir reignición en la superficie de la misma.

**Equipos de protección:** Prendas para lucha contra incendios resistentes al calor. Cuando exista alta concentración de vapores o humos, utilizar aparato de respiración autónoma.

#### 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

**Precauciones para el medio ambiente:** El producto se evapora totalmente, por lo que no supone riesgo de contaminación acuática ni terrestre. Evitar que las fugas alcancen desagües y alcantarillas.

**Precauciones personales:** Aislar el área. Evitar la entrada innecesaria de personas dentro de la zona afectada. No fumar. Evitar cualquier tipo de fuente de ignición (llama abierta, chispa). Evitar cargas electrostáticas.

**Detoxificación y limpieza:** Derrames pequeños: Dejar evaporar.  
Derrames grandes: Diluir los vapores con agua pulverizada y proceder como en el caso de fugas pequeñas.

**Protección personal:** Equipos de respiración autónoma en presencia de elevadas concentraciones de producto. Guantes de PVC. Protección ocular cerrada. Calzado de seguridad antiestático.

GAS LICUADO DE PETRÓLEO

Rev.: 1.6

Fecha: 25 de Mayo de 2006

Doc: GSTC-F-GLP

2 de 6

## 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

### Manipulación:

*Precauciones generales:* Evitar el contacto con piel, ojos y ropa. No respirar los vapores. Emplear sistemas antideflagrantes para la ventilación de locales cerrados donde se manipule o almacene el producto. Mantener alejado de posibles fuentes de ignición (llamas, chispas). No fumar en las áreas de manipulación del producto. Evitar la acumulación de cargas electrostáticas. Para el trasvase utilizar equipos conectados a tierra.

*Condiciones específicas:* En operaciones de llenado y manejo de botellas de gas licuado, se deben emplear guantes, traje y calzado antiestático; es aconsejable, en estas operaciones el empleo de gafas o mascarillas protectoras, para evitar posibles proyecciones. Equipos de trabajo y herramientas antichispas. La limpieza y mantenimiento de los recipientes debe ser realizado por personal cualificado bajo las normas de seguridad existentes (asegurarse de que los contenedores están vacíos y exentos de vapores antes de realizar cualquier inspección, la cual será efectuada por personal especializado). No soldar o cortar cerca de los contenedores.

*Uso:*

### Almacenamiento:

*Temperatura y productos de descomposición:* NP

*Reacciones peligrosas:* Producto extremadamente inflamable y combustible. El líquido tiene una marcada tendencia a almacenar electricidad estática cuando se transporta por tubería. Conexión a tierra de las líneas y contenedores en operaciones de carga y descarga.

*Condiciones de almacenamiento:* Guardar el producto en recipientes cerrados y etiquetados. Mantener los recipientes en lugar fresco y ventilado, alejados del calor y de fuentes de ignición. Mantener los recipientes alejados de oxidantes fuertes. Es recomendable el uso de detectores de gas.

*Materiales incompatibles:* Agentes oxidantes.

## 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

### Equipos de protección personal:

*Protección respiratoria:* Máscara de protección respiratoria en presencia de vapores o equipo autónomo en altas concentraciones.

*Protección cutánea:* Guantes de PVC. Calzado de seguridad antiestático resistente a productos químicos.

*Protección ocular:* Gafas de seguridad cerradas. Lavaojos.

*Otras protecciones:* Duchas en el área de trabajo.

*Precauciones generales:* Evitar el contacto con el producto licuado y la inhalación del gas. Las ropas contaminadas de gas licuado deben ser mojadas rápidamente para evitar las irritaciones y el riesgo de inflamación, y ser retiradas si no están adheridas a la piel.

*Prácticas higiénicas en el trabajo:* No fumar, comer ni beber en zonas donde se manipule o almacene gas licuado. Seguir las medidas de cuidado de cuidado e higiene de la piel, lavando con agua y jabón frecuentemente y aplicando cremas protectoras.

*Controles de exposición:* Son poco detectables por el olor en el aire, cuando no están odorizados.

#### Butano:

TLV/TWA (ACGIH): 1000 ppm

REL/TWA (NIOSH): 800 ppm

MAK: 1000 ppm

#### Propano:

TLV/TWA (ACGIH): 1000 ppm

REL/TWA (NIOSH): 1000 ppm

PEL/TWA (OSHA): 1000 ppm

MAK: 1000 ppm

IDLH (Nivel inmediatamente peligroso para la salud y la vida): 2100 ppm

GAS LICUADO DE PETRÓLEO

Rev.: 1.6

Fecha: 25 de Mayo de 2006

Doc: GSTC-F-GLP

3 de 6

### 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto: Gas licuado	pH: NP
Color: Incoloro	Olor: Característico, reforzado por derivados sulfurados.
Punto de ebullición: (-42.1 °C) - (3.7 °C)	Punto de fusión/congelación: NP
Punto de inflamación/Inflamabilidad: (-107.5 °C) - (-101.6 °C)	Autoinflamabilidad: >400 °C
Propiedades explosivas: Lim. inferior explosivo: 1.87 - 2.02% Lim. superior explosivo: 9.38 - 10.05%	Propiedades comburentes: NP
Presión de vapor: 10 - 14 Kg/cm <sup>2</sup> a 37.8 °C	Densidad: 0.535 g/cm <sup>3</sup> mín. a 15 °C (ASTM D1657)
Tensión superficial: 16 dinas/cm a -47 °C	Viscosidad:
Densidad de vapor: 1.5 (aire: 1) a 0 °C	Coef. reparto (n-octanol/agua): log Kow: 2.36
Hidrosolubilidad: 0.0047% vol/vol	Solubilidad: (a 100°C) 10,5 - 11,5 cSt (ASTM D-445)
Otros datos: Azufre total: 150 ppm máx. Poder calorífico Neto: -10830 Kcal/Kg Olefinas totales: 58% (ASTM D2163) Residuo volátil (T° evaporación 95% vol.): 2.2 °C máx.	

### 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Estable en condiciones normales. Extremadamente inflamable y combustible.	Condiciones a evitar: Exposición a llamas, chispas, calor y electricidad estática. Exposición al aire.
Incompatibilidades: Oxidantes fuertes.	
Productos de combustión/descomposición peligrosos: CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, CO (en caso de combustión incompleta)	
Riesgo de polimerización: En presencia de productos olefinicos y acetilénicos (etil y vinil acetileno)	Condiciones a evitar: Elevadas temperaturas.

### 11. TOXICOLOGÍA

Vías de entrada: La inhalación es la ruta más frecuente de exposición. También por contacto con la piel y ojos del gas licuado.
Efectos agudos y crónicos: El producto es un gas asfixiante simple, debido al desplazamiento de oxígeno del aire. Puede causar efectos adversos sobre el sistema nervioso central. CL <sub>50</sub> (butano): 658 g/m <sup>3</sup> /4h (inhalación-rata) - 27.7% vol. en aire.
Carcinogenicidad: No presenta.
Toxicidad para la reproducción: No existen evidencias de toxicidad para la reproducción en mamíferos.
Condiciones médicas agravadas por la exposición: No suministrar epinefrina u otras aminas simpaticomiméticas.

GAS LICUADO DE PETRÓLEO

Rev.: 1.6

Fecha: 25 de Mayo de 2006

Doc: GSTC-F-GLP

4 de 6

## 12. INFORMACIONES ECOLÓGICAS

### Forma y potencial contaminante:

*Persistencia y degradabilidad:* El producto se encuentra en fase gaseosa en el aire a temperatura ambiente. No es de esperar que la fotólisis, hidrólisis o bioconcentración del producto constituyan un importante destino medioambiental. La biodegradación del producto puede ocurrir en suelos y agua, no obstante, la volatilización es el proceso más importante. La vida media de evaporación del compuesto en aguas continentales se ha estimado en 2.2 hr (ríos) y 2.6 días (lagos). La reacción con radicales hidroxilo (vida media 6 días) y las reacciones químicas nocturnas con especies radicálicas y óxidos de nitrógeno, pueden contribuir a la transformación atmosférica del producto.

*Movilidad/Bioacumulación:* El producto presenta una movilidad en suelo media. El factor de bioconcentración (log FBC) para el producto ha sido estimado en el rango de 1.78 a 1.97 lo que indica que la bioconcentración en organismos acuáticos no es importante.

**Efecto sobre el medio ambiente:** No se dispone de datos ecotoxicológicos. Las propiedades físicas indican que el producto se volatiliza rápidamente en ambientes acuáticos. La combustión de la gasolina es el mayor mecanismo de liberación del producto a la atmósfera.

## 13. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN

**Métodos de eliminación de la sustancia (excedentes):** Dada la naturaleza altamente volátil del producto y los usos a los que normalmente se destina, no suelen existir excedentes de GLP.

### Residuos:

*Eliminación:* NP

*Manipulación:* NP

*Disposiciones:* Los establecimientos y empresas que se dediquen a la recuperación, eliminación, recogida o transporte de residuos deberán cumplir la ley 27314, ley general de residuos sólidos, su reglamento D.S. 057-2004-PCM y las normas sectoriales y locales específicas y las disposiciones vigentes del D.S. 015-2006-EM relativo a la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos u otras disposiciones en vigor.

## 14. TRANSPORTE

**Precauciones especiales:** Etiquetado como gas inflamable. Prohibido el transporte en aviones de pasajeros y limitado en barcos de pasajeros.

### Información complementaria:

Número ONU: 1075

Número de identificación del peligro: 23

Nombre de expedición: GAS DE PETRÓLEO LICUADO

ADR/RID:

IATA-DGR Clase 2.1

IMDG: Clase 2.1.

GAS LICUADO DE PETRÓLEO

Rev.: 1.6

Fecha: 25 de Mayo de 2006

Doc: GSTC-F-GLP

5 de 6





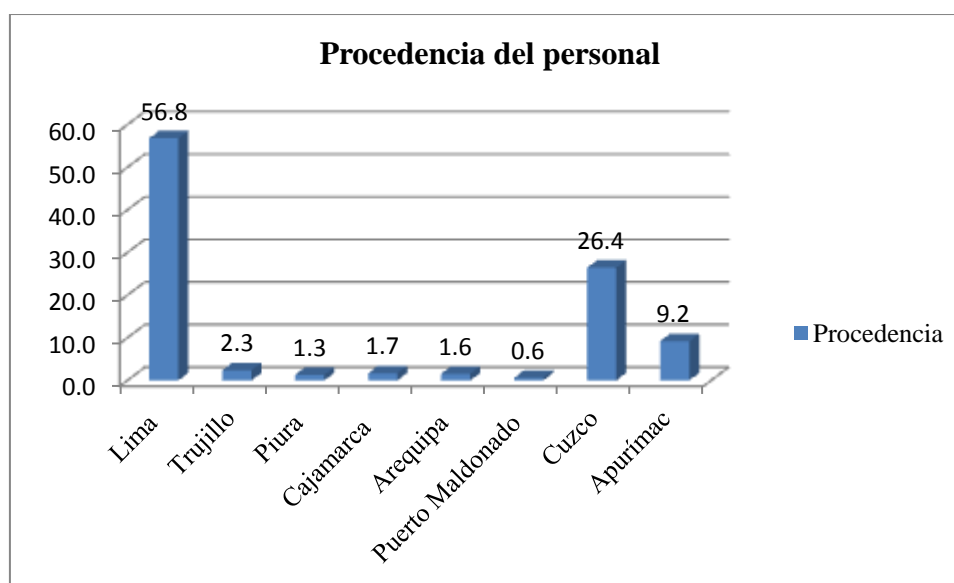
## Anexo 7. Data de actividad de los viajes aéreos

Para obtener la data de actividad del transporte aéreo del personal, se multiplicó la cantidad de pasajeros, los cuales se obtuvieron de la **Tabla 44** por los kilómetros recorridos que se obtuvieron de la **Tabla 45**. El resultado de esta multiplicación se encuentra en la **Tabla 46** y representa la data de actividad expresado en pasajeros por kilómetro (pkm).

**Tabla 44. Procedencia aproximada del personal por mes**

Meses	Procedencia del personal por mes							
	Lima	Trujillo	Piura	Cajamarca	Arequipa	Puerto Maldonado	Cuzco	Apurímac
abr-13	102	4	3	3	2	1	47	19
may-13	97	4	3	3	2	1	45	16
jun-13	95	4	2	3	2	1	44	15
jul-13	97	4	2	3	3	1	45	15
ago-13	89	4	2	3	3	1	41	14
sep-13	88	4	2	3	3	1	40	15
oct-13	90	4	2	3	3	1	41	14
nov-13	88	4	2	3	3	1	40	14
dic-13	88	4	2	3	3	1	43	10
ene-14	86	4	2	2	3	1	43	10
feb-14	92	3	2	2	2	1	44	16
mar-14	101	3	2	2	2	1	45	22

FUENTE: Elaboración propia



**Figura 16. Procedencia promedio del personal**

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 45. Distancia entre departamentos**

Viajes aéreos	Km
Lima -Cuzco	586
Cuzco - Arequipa	315
Arequipa - Lima	778
Lima - Piura	851
Lima - Trujillo	489
Cuzco - Puerto Maldonado	532
Puerto Maldonado - Lima	861
Lima - Cajamarca	563

FUENTE: Lan Perú 2014

**Tabla 46. Pasajero de viajes aéreos x kilómetro**

Meses	Lima	Trujillo	Piura	Cajamarca	Arequipa	Puerto Maldonado	TOTAL pkm
	pkm						
<b>abr-13</b>	179316	12900	12933	10341	1890	1596	<b>218976</b>
<b>may-13</b>	170526	12900	12933	10341	1890	1596	<b>210186</b>
<b>jun-13</b>	167010	12900	8622	10341	1890	1596	<b>202359</b>
<b>jul-13</b>	170526	12900	8622	10341	2835	1596	<b>206820</b>
<b>ago-13</b>	156462	12900	8622	10341	2835	1596	<b>192756</b>
<b>sep-13</b>	154704	12900	8622	10341	2835	1596	<b>190998</b>
<b>oct-13</b>	158220	12900	8622	10341	2835	1596	<b>194514</b>
<b>nov-13</b>	154704	12900	8622	10341	2835	1596	<b>190998</b>
<b>dic-13</b>	154704	12900	8622	10341	2835	1596	<b>190998</b>
<b>ene-14</b>	151188	12900	8622	6894	2835	1596	<b>184035</b>
<b>feb-14</b>	161736	9675	8622	6894	1890	1596	<b>190413</b>
<b>mar-14</b>	177558	9675	8622	6894	1890	1596	<b>206235</b>

\* No se consideró al personal de Cuzco ni Apurímac, ya que dicho personal viaja por tierra en los minibuses.

FUENTE: Elaboración propia

## Anexo 8. Detalle del cálculo de emisiones de GEI por tipo de fuente

**Tabla 47. Cálculo de emisiones de GEI del diesel utilizado en vehículos de transporte terrestre**

	DA x FE x PCG / 1000			Total de emisiones de GEI
	Emisiones CO <sub>2</sub>	Emisiones CH <sub>4</sub>	Emisiones N <sub>2</sub> O	
Meses	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>
<b>abr-13</b>	201.5001	0.2651	3.1604	204.9256
<b>may-13</b>	185.3315	0.2439	2.9068	188.4821
<b>jun-13</b>	128.1411	0.1686	2.0098	130.3195
<b>jul-13</b>	161.8344	0.2129	2.5382	164.5856
<b>ago-13</b>	163.6202	0.2153	2.5663	166.4018
<b>sep-13</b>	115.5367	0.1520	1.8121	117.5008
<b>oct-13</b>	107.3783	0.1413	1.6841	109.2037
<b>nov-13</b>	116.9669	0.1539	1.8345	118.9553
<b>dic-13</b>	101.6874	0.1338	1.5949	103.4161
<b>ene-14</b>	122.8208	0.1616	1.9263	124.9087
<b>feb-14</b>	145.0359	0.1908	2.2748	147.5015
<b>mar-14</b>	140.8196	0.1853	2.2086	143.2136

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 48. Cálculo de emisiones de GEI del diesel utilizado en vehículos todo terreno**

	DA x FE x PCG / 1000			Total de emisiones de GEI
	Emisiones CO <sub>2</sub>	Emisiones CH <sub>4</sub>	Emisiones N <sub>2</sub> O	
Meses	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>
<b>abr-13</b>	44.5415	0.0624	5.1231	49.7269
<b>may-13</b>	39.0729	0.0547	4.4941	43.6217
<b>jun-13</b>	31.2257	0.0437	3.5915	34.8610
<b>jul-13</b>	47.4759	0.0665	5.4606	53.0029
<b>ago-13</b>	49.3136	0.0690	5.6719	55.0545
<b>sep-13</b>	27.9283	0.0391	3.2122	31.1796
<b>oct-13</b>	41.9184	0.0587	4.8213	46.7984
<b>nov-13</b>	36.1386	0.0506	4.1566	40.3457
<b>dic-13</b>	31.9742	0.0448	3.6776	35.6965
<b>ene-14</b>	27.5800	0.0386	3.1722	30.7908
<b>feb-14</b>	18.6436	0.0261	2.1443	20.8140
<b>mar-14</b>	26.6686	0.0373	3.0674	29.7733

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 49. Cálculo de emisiones de GEI del diesel utilizado en grupos electrógenos**

	DA x FE x PCG / 1000			Total de emisiones de GEI
	Emisiones CO <sub>2</sub>	Emisiones CH <sub>4</sub>	Emisiones N <sub>2</sub> O	
Meses	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>
<b>abr-13</b>	246.0428	0.2490	0.5937	246.8855
<b>may-13</b>	224.4045	0.2271	0.5415	225.1731
<b>jun-13</b>	159.3677	0.1613	0.3845	159.9135
<b>jul-13</b>	209.3081	0.2119	0.5051	210.0250
<b>ago-13</b>	212.9360	0.2155	0.5138	213.6653
<b>sep-13</b>	143.4636	0.1452	0.3462	143.9549
<b>oct-13</b>	149.2990	0.1511	0.3603	149.8104
<b>nov-13</b>	153.1042	0.1550	0.3694	153.6286
<b>dic-13</b>	133.6597	0.1353	0.3225	134.1175
<b>ene-14</b>	150.4003	0.1522	0.3629	150.9154
<b>feb-14</b>	163.6791	2.2089	0.3950	166.2829
<b>mar-14</b>	167.4849	2.2603	0.4041	170.1493

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 50. Cálculo de emisiones de GEI de los extintores**

	Emisiones CO <sub>2</sub>	Total de emisiones de GEI
Meses	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>
<b>abr-13</b>	0.0084	0.0084
<b>may-13</b>	0.0084	0.0084
<b>jun-13</b>	0.0084	0.0084
<b>jul-13</b>	0.0084	0.0084
<b>ago-13</b>	0.0084	0.0084
<b>sep-13</b>	0.0084	0.0084
<b>oct-13</b>	0.0084	0.0084
<b>nov-13</b>	0.0084	0.0084
<b>dic-13</b>	0.0084	0.0084
<b>ene-14</b>	0.0084	0.0084
<b>feb-14</b>	0.0084	0.0084
<b>mar-14</b>	0.0084	0.0084

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 51. Cálculo de emisiones de GEI del acetileno utilizado en equipos de corte**

	DA x FE x PCG / 1000			Total de emisiones de GEI
	Emisiones CO <sub>2</sub>	Emisiones CH <sub>4</sub>	Emisiones N <sub>2</sub> O	
Meses	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>
<b>abr-13</b>	0.00009198	0.00000004	0.00000004	0.00009206
<b>may-13</b>	0.00022994	0.00000009	0.00000011	0.00023015
<b>jun-13</b>	0.00006570	0.00000003	0.00000003	0.00006576
<b>jul-13</b>	0.00026279	0.00000011	0.00000013	0.00026303
<b>ago-13</b>	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
<b>sep-13</b>	0.00013140	0.00000005	0.00000006	0.00013151
<b>oct-13</b>	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
<b>nov-13</b>	0.00029564	0.00000012	0.00000014	0.00029591
<b>dic-13</b>	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
<b>ene-14</b>	0.00003285	0.00000001	0.00000002	0.00003288
<b>feb-14</b>	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
<b>mar-14</b>	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 52. Cálculo de Emisiones de GEI del GLP utilizado en cocinas para ensayos de granulometría de los agregados**

	DA x FE x PCG / 1000			Total de emisiones de GEI
	Emisiones CO <sub>2</sub>	Emisiones CH <sub>4</sub>	Emisiones N <sub>2</sub> O	
Meses	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>	t CO <sub>2e</sub>
<b>abr-13</b>	6.1474	0.0122	0.0029	6.1624
<b>may-13</b>	9.2210	0.0183	0.0044	9.2436
<b>jun-13</b>	6.8836	0.0136	0.0033	6.9005
<b>jul-13</b>	10.7650	0.0213	0.0051	10.7914
<b>ago-13</b>	4.9651	0.0098	0.0023	4.9772
<b>sep-13</b>	5.3968	0.0107	0.0025	5.4100
<b>oct-13</b>	4.6177	0.0091	0.0022	4.6290
<b>nov-13</b>	6.1616	0.0122	0.0029	6.1768
<b>dic-13</b>	5.3968	0.0107	0.0025	5.4100
<b>ene-14</b>	3.8671	0.0077	0.0018	3.8766
<b>feb-14</b>	2.3374	0.0046	0.0011	2.3432
<b>mar-14</b>	3.8785	0.0077	0.0018	3.8881

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 53. Cálculo de emisiones del GEI del transporte aéreo del personal**

	<b>DAx FE/1000</b>		<b>Total de emisiones de GEI</b>
	<b>Emisiones GEI Directas</b>	<b>Emisiones GEI Indirectas</b>	
<b>Meses</b>	<b>t CO<sub>2e</sub></b>	<b>t CO<sub>2e</sub></b>	<b>t CO<sub>2e</sub></b>
<b>abr-13</b>	40.1611	4.3821	44.5432
<b>may-13</b>	38.5490	4.2062	42.7552
<b>jun-13</b>	37.1135	4.0496	41.1631
<b>jul-13</b>	37.9316	4.1389	42.0705
<b>ago-13</b>	35.3522	3.8574	39.2097
<b>sep-13</b>	35.0298	3.8223	38.8520
<b>oct-13</b>	35.6746	3.8926	39.5673
<b>nov-13</b>	35.0298	3.8223	38.8520
<b>dic-13</b>	35.0298	3.8223	38.8520
<b>ene-14</b>	33.7528	3.6829	37.4357
<b>feb-14</b>	34.9225	3.8105	38.7331
<b>mar-14</b>	37.8243	4.1272	41.9515

FUENTE: Elaboración propia

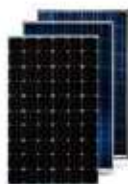
## Anexo 9. Cálculo de la cantidad de paneles solares para la industria de concreto y agregados

<b>DIMENSIONADO SOLAR</b>							
<b>I. DATOS GENERALES</b>							
DEPARTAMENTO	Apurímac						
PROVINCIA	Cotabambas						
DISTRITO	Tambobamba						
LOCALIDAD	Tambobamba			latitud	13.52		
IRRADIACION (mes peor=Febrero)	4.69	(Kwh/m2/dia)		longitud	71.95		
Tº AMBIENTE	3	°C					
<b>II CALCULO CONSUMO DIARIO</b>							
Item	Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Consumo CA	Total horas uso al día (h)	Total días uso semana	Energía (Wh/día)
1	Portatil	14	47		12	7	7,896
2	Luminarias	30	23		12	7	8,280
3	Cargador de celular	12	13		4	7	624
		Potencia AC (Pac)	1504			Energía (Eac)	16800
						Energía (Eac)	16800
						Corrección por inversor (87%)*	19310
ER= Carga Total del sistema por día o Energía día requerido= Eac*		19310	(Wh/día)				
EDsfv= Energía demandada al SFV = ER/efic. Regulador (95%)		20327	(Wh/día)				
<b>III CALCULO DE LA ENERGÍA INCIDENTE SOBRE LOS PANELES SOLARES y HORA PICO SOLAR - HPS</b>							
Energía Incidente (directa+difusa) (Ei)							
Energía Incidente (Ei) =Irradianción x k							
Irradiación solar	considerar el mes peor (Kwh/m2/dia)		4.69				
k	Factor de corrección por ángulo de inclinación de panel		1.06				
			Energía Incidente (Ei) =	4.97	(Kwh/m2/día)		
Inclinación= Latitud+10º							
Hora Pico solar - HPS sobre una superficie inclinada							
Hora Pico Solar -HPS (h) = Ei/1000							
Ei	Energía incidente sobre el panel (Kwh/m2)		4.97				
1000	Valor normalizado de radiación sobre el panel (w/m2)		1000	1		KW/M2	
			Hora Pico Solar (h)	4.97			
Tiempo en horas de una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m <sup>2</sup>							
<b>IV CALCULO DEL NUMERO DE PANELES</b>							
Características del fabricante							
Vnom (V)	YINGLI						
Ppico (W)	250						
Energía producida por el panel solar							
Energía producida (Epp) = PpicoxHSP							
Ppico	Potencia del panel (Wp)		250.00				
HSP	Hora Pico Solar		4.97				
			Epp (Wh) =	1243			
Número de paneles (Np)							
Np = EDsfv/Epp							
EDsfv	Energía demandada al SFV		20327				
Epp	Energía producida por el panel		1,243				
			Np =	16.36			
			Np =	17	Redondeo al inmediato superior		
<b>V SELECCIÓN DE PANELES</b>							
Paneles solares							
Tipo	Potencia (Wp )	Costo (\$)	Nº de paneles necesarios	Inversión en paneles (\$)			
Yingli	250	254	17	4,318			

## Anexo 10. Cotización de sistemas de energía solar fotovoltaica

Lista de precios  
Febrero 2016 V1

Energía Solar con Valor Agregado



Ref Entelin	Ref Fabricante	DESCRIPCIÓN	Precio Sin IGV	
<b>PANELES SOLARES POLICRISTALINOS</b>				
FV04001	YL 65Wp	Panel Solar Policristalino 36 Celdas 65Wp YL065P-17B Yingli	S/.	271.05
FV04002	YL 100Wp	Panel Solar Policristalino 36 Celdas 100Wp YL100P-17B Yingli	S/.	417.00
FV04003	YL 145Wp	Panel Solar Policristalino 36 Celdas 145Wp YL145P-17B Yingli	S/.	604.65
FV04004	YL 250Wp	Panel Solar Policristalino 60 Celdas 250Wp YL250P-29B Yingli	S/.	890.00
FV04008	YL 200Wp	Panel Solar Policristalino 72 Celdas 200Wp YL200P-35B Yingli	S/.	780.00



<b>BATERÍAS SOLARES</b>				
BA08001	ES40-12G	Bateria GEL 12V 40Ah Solar Gel ES40-12G EverExceed	S/.	355.85
BA08002	GL 12-65	Bateria GEL 12V 65Ah Gellyte GL 12-65 EverExceed	S/.	489.19
BA08003	GL 12-100	Bateria GEL 12V 100Ah Gellyte GL 12-100 EverExceed	S/.	691.24
BA08004	GL 12-150	Bateria GEL 12V 150Ah Gellyte GL 12-150 EverExceed	S/.	985.01
BA08005	GL 12-200	Bateria GEL 12V 200Ah Gellyte GL 12-200 EverExceed	S/.	1,398.50
BA08006	GL 12-250	Bateria GEL 12V 230Ah Gellyte GL 12-230 EverExceed	S/.	1,414.08

