

# Cuantificación y propuesta de medidas de reducción de gases de efecto invernadero en la construcción de una línea de transmisión de 220 kv. Cajamarca–Carhuamayo

Quantification and proposal of greenhouse gas reduction measures in the construction of a 220 kv transmission line. Cajamarca – Carhuamayo

Andrea Romero<sup>1</sup>, Enrique Guadalupe<sup>2</sup>

Recibido: 17/04/2017 - Aprobado: Diciembre 2015

---

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación muestra que para la construcción de una línea de transmisión de 220 kv. Cajamarca – Carhuamayo se emitió a la atmósfera 4025 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes lo que nos lleva a pensar que toda actividad es responsable por la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera que llevará al Calentamiento Global para posterior a ello llevarnos al Cambio Climático.

El trabajo se realizó en base a 2 alcances; el alcance 1 originado por el consumo de combustible y el alcance 2 originado por el consumo de energía eléctrica, de las cuales el alcance 1 representan al 93% con 3756 toneladas de CO<sub>2</sub> frente al 7% de del alcance 2 con 269 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, esto se debe a que para este proyecto por ser de construcción su principal insumo para el desarrollo de sus actividades es el combustible. Ello sirve para que la empresa adopte medidas más orientadas a disminuir sobre lo que más está afectando con las emisiones de GEI y centrar esfuerzos sobre ello.

Palabras clave: Efecto de invernadero, Cambio Climático, Calentamiento Global.

## ABSTRACT

The present research work shows that for the construction of a transmission line 220 kv. from Cajamarca – Carhuamayo, was emitted to the atmosphere 4025 tons of CO<sub>2</sub> equivalent, which leads us to think that all activity is responsible for the emission of greenhouse gases in the atmosphere Which will lead to Global Warming to lead us to Climate Change afterwards.

This work was made on the basis of 2 scopes; scope 1 caused by fuel consumption and scope 2 caused by electricity consumption, from which scope 1 represents 93% to 3756 tons of CO<sub>2</sub> compared with 7% from scope 2 with 2 269 tons of CO<sub>2</sub> equivalent, this is due to that the main input for the development of this construction project was fuel. This makes the company to take the right measures to decrease on what is most affecting GHG emissions and focus efforts on it.

Keyword: Greenhouse effect, Climate Change, Global Warming.

---

1. Ingeniería Ambiental, egresada de la Unidad de Post Grado – Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. UPG - FIGMMG - UNMSM.

2. Ingeniero Geólogo, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Email: eguadalg@unmsm.edu.pe

## I. INTRODUCCIÓN

Ante los efectos tan crecientes del calentamiento global y sus consecuencias como la pérdida de glaciares, incremento del nivel del mar, pérdidas en la cosechas, maremotos, lluvias torrenciales, entre otros, todo ello a consecuencia del incremento de los gases de efecto de invernadero, urge que se tomen medidas para su reducción y ello involucra a que las empresas sean conscientes de esta problemática ambiental y empiecen a cuantificar las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI) que provienen de sus actividades y con ello la implementación de medidas de reducción. (Amestoy C. (2009).

Siendo el Perú uno de los 10 países más afectados por el calentamiento global, según lo indicado por la Convención Marco de las Naciones Unidas por el Cambio Climático (AEMA, 2014), es menester la aplicación en paralelo al desarrollo de la actividad empresarial la puesta en marcha de planes de reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI).

Si toda empresa de Ingeniería y Construcción logra implementar medidas de reducción de emisiones en la construcción de una línea de transmisión de 220 kv. Cajamarca – Carhuamayo, tomando como medidas para optimizar el consumo de combustible, uso de combustibles menos contaminantes como el biodiesel, cambio de focos convencionales por ahorradores, entre otros, beneficiará a todos los que habitamos la tierra ya que de realizarse las medidas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero estamos bajando nuestra huella de carbono es decir nuestro impacto negativo sobre el medio ambiente.

Finalmente, el presente trabajo también servirá de precedente y modelo para que motive e impulse a todas las empresas a reducir su impacto en el medio ambiente y no lo vea como algo muy costoso o inaplicable.

### 1.1 Líneas de transmisión de energía

Es el conjunto de dispositivos para transportar o guiar la energía eléctrica desde una fuente de generación a los centros de consumo (las cargas), tal como se muestra en la Figura N° 1. Y estos son utilizados normalmente cuando no es costoso producir la energía eléctrica en los centros de consumo o cuando afecta el medio ambiente (visual, acústico o físico), buscando siempre maximizar la eficiencia, haciendo las pérdidas por calor o por radiaciones las más pequeñas posibles. (M.C. Jiménez O, M.C. Cantu V, Dr. Conde A (2006).

### 1.2 Gases de efecto Invernadero

Se denominan gases de efecto invernadero o gases invernadero (GEI) a los gases cuya presencia en la atmósfera hace posible el efecto invernadero. Sin este efecto sería imposible la vida en la tierra.

Lo que la ha vuelto perjudicial es por las actividades humanas que se han ido incrementando y con ello ha aumentado la cantidad y proporción de estos gases en la atmósfera. En la Figura N° 2 siguiente se muestra las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, verde), metano (CH<sub>4</sub>, naranja), y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O, rojo).



**Figura N° 1:** Líneas de transmisión. Proyecto Línea de transmisión de 220 kv. Cajamarca–Carhuamayo



### III. DISCUSION DE RESULTADOS

Para llegar a los resultados del presente trabajo de investigación se sigue la secuencia establecida en UNE-ISO14064-1:2006, que parte desde establecer los límites de la Organización, seguida de establecer los límites Operativos, para luego de ello con la ayuda del cuadro elaborado por la tesista realizar la identificación de las fuentes de emisiones tanto del Alcance 1, por consumo de combustible Alcance 2 por consumo de energía eléctrica, para proceder a consolidar los consumos de combustible y energía eléctrica mediante cuadros elaborados por la tesista. Posterior a ello ya teniendo los consumos consolidados pro cada tramo y mensualmente, se realizó los cálculos respectivos tal como lo señala la metodología de la Directrices del IPCC 2006. Cálculo de CO<sub>2</sub>: Se usó la siguiente fórmula:

<p><b>EMISIONES DE CO2 DEL TRANSPORTE TERRESTRE</b></p> $\text{Emisión} = \sum_a (\text{Combustible}_a * \text{EF}_a)$
--

Emisión = Emisiones de CO<sub>2</sub> (Kg)  
 Combustible = Combustible consumido (litros o galones)  
 EF<sub>a</sub> = Factor de emisión (Kg/TJ)  
 a = Tipo de combustible (por ejemplo, gasolina, petróleo, gas natural, GLP, etc. (IPCC, 2006).

<b>Total Ton de CO2 del proyecto</b>	<b>4025.488</b>
--------------------------------------	-----------------

#### 3.1 Emisiones emitidas por la construcción de una línea de transmisión de 220 kv. Cajamarca – Carhuamayo

De acuerdo a los cálculos realizados se tiene que para la Construcción de una Línea de Transmisión de 220 kV Cajamarca – Carhuamayo se emite a la atmosfera 4025.5 toneladas CO<sub>2</sub> equivalentes. Tal como se muestra en la Tabla N° 1.

Dónde:

Tabla N° 1: Consolidado de emisiones del proyecto Línea de transmisión de 220 kv. Cajamarca – Carhuamayo

Consolidado de emisiones del proyecto								Anexo: 3	
								Versión N° 0	
Duración 25 meses									
Meses	Alcance 1				Alcance 2				
	Tramo 1 (Ton CO <sub>2</sub> )	Tramo 2 (Ton CO <sub>2</sub> )	Tramo 3 (Ton CO <sub>2</sub> )	Tramo 4 (Ton CO <sub>2</sub> )	Tramo 1 (Ton CO <sub>2</sub> )	Tramo 2 (Ton CO <sub>2</sub> )	Tramo 3 (Ton CO <sub>2</sub> )	Tramo 4 (Ton CO <sub>2</sub> )	
Dic-11	13.73	17.34	17.47	17.29	0.67	1.34	1.6	1.81	
Ene-12	16.42	20.27	21.39	23.27	1.23	1.72	2.36	2.43	
Feb-12	16.43	25.48	32.1	29.02	1.23	1.94	2.66	2.72	
Mar-12	27.12	28.73	31.81	32.99	2.21	2.2	3.06	2.86	
Abr-12	29.43	36.22	35.35	38.45	2.45	2.46	3.23	2.96	
May-12	34.72	45.58	40.47	43.27	2.56	2.77	3.41	2.97	
Jun-12	40.89	47.76	41.2	44.34	2.69	2.8	3.46	3.02	
Jul-12	45.25	50.39	44.57	49.83	2.86	2.82	3.6	3.18	
Ago-12	51.12	56.72	52.63	56.99	3.02	2.96	3.72	3.47	
Set-12	50.54	56.31	54.17	57.04	3.09	3	3.76	3.6	
Oct-12	52.71	60.98	56.36	59.64	3.06	3.19	3.9	3.63	
Nov-12	55.32	63.56	58.49	60.82	3.12	3.24	3.89	3.61	
Dic-12	49.26	58.07	52.96	55.39	2.68	3.02	3.7	3.37	
Ene-13	47.61	54.23	49.28	51.04	2.63	3.02	3.69	3.33	
Feb-13	4.348	49.36	49.97	47.17	2.58	2.94	3.55	3.25	

Mar-13	38.85	44.99	39.02	42.99	2.5	2.89	3.17	3.18
Abr-13	35.38	41.98	36.05	38.23	2.46	2.54	3.05	3.11
May-13	31.79	37.56	32.75	34.29	2.39	2.47	2.86	2.92
Jun-13	31.43	37.91	31.91	38.23	2.37	2.47	2.85	2.95
Jul-13	31.48	37.5	30.77	32.85	2.35	2.46	2.82	2.95
Ago-13	31	37.31	32.54	33.72	2.36	2.39	2.53	2.9
Set-13	30.89	39.89	31.81	33.6	2.09	2.26	2.82	2.89
Oct-13	30.92	37.54	31.85	30.73	2.12	2.14	2.7	2.84
Nov-13	18.58	21.89	17.01	17.22	1.67	1.67	1.94	2.08
Dic-13	9.08	13.72	10.72	9.24	1.35	0.69	3.05	1.05

824.298 1021.29 932.65 977.65 57.74 61.4 77.38 73.08

Fuente: Elaboración Propia.

De las emitidas por el consumo de combustible que corresponden al Alcance 1 fueron en total 3756 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> que corresponden al 93% del total de las emisiones generadas en la Construcción de una Línea de Transmisión de 220 kv. Cajamarca – Carhuamayo, mientras que las emitidas por el consumo de energía eléctrica fueron 269 toneladas que corresponden a tal sólo el 7% del total de emisiones emitidas. Lo que se muestra en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Consolidado de emisiones por alcance1 (consumo combustible) y alcance 2 (consumo de energía)

Alcance	Ton CO <sub>2</sub> eq.	% Ton CO <sub>2</sub> eq.
Alcance 1	3755.9	93
Alcance 2	269.6	7

Fuente: Elaboración Propia.

En lo que se refiere al Alcance 1, emisiones por el consumo de combustible, de los 4 tramos el tramo 2 fue el que emitió más cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera con 1021.3 Ton CO<sub>2</sub> eq, seguido del Tramo 4 con 977.7 Ton CO<sub>2</sub> eq, seguido del Tramo 3 con 932.7 Ton CO<sub>2</sub> eq y el Tramo que menos emitió fue el Tramo 1 con 824.298 Ton CO<sub>2</sub> eq. Tal como se muestra en la Figura N° 4.

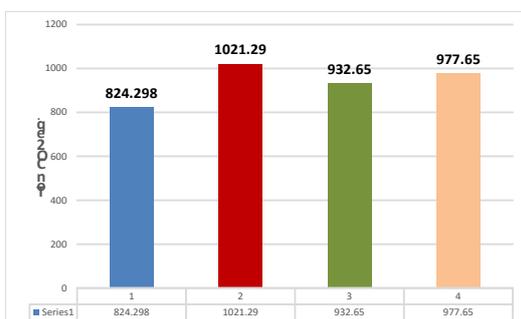


Figura N°4: Toneladas totales de CO<sub>2</sub> emitidas por cada tramo por el consumo de combustible

En la Figura N°5 se determina las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por cada tramo para el consumo de energía eléctrica (Alcance 2) del proyecto Línea de transmisión de 220 kv. Cajamarca – Carhuamayo. Siendo el tramo que más CO<sub>2</sub>

equivalente emitió el Tramo N°3 y el que menos emitió el Tramo N°1.

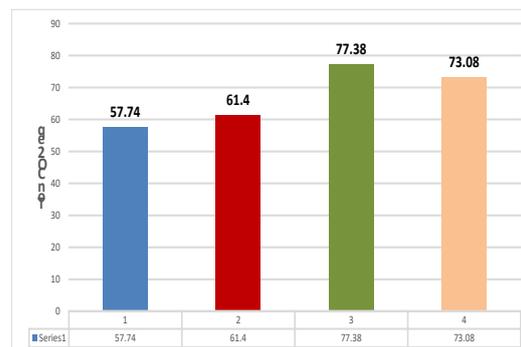


Figura N°5: Toneladas totales de CO<sub>2</sub> emitidas por cada tramo por el consumo de energía eléctrica.

Al ser las emisiones más significativas por el consumo de combustible (Alcance 1) las medidas de reducción de emisiones de GEI se centraran en como bajar las emisiones de este alcance 1.

### 3.2 Propuestas de medidas de reducción de emisiones de GEI

Las medidas propuestas para disminuir el consumo de combustible planteadas son:

- Cálculo de rutas óptimas
- Planificación de los trabajos diarios
- Conducción eficiente
- Mantenimiento adecuado del vehículo
- Consumo de biocombustibles
- Mejora tecnológica con uso de aditivos que mejoren la combustión

Las medidas propuestas para disminuir el consumo de energía eléctrica que se plantean son:

- Cambio de focos convencionales por focos ahorradores
- Cambio de techos transparentes en los almacenes

## IV. CONCLUSIONES

- Las emisiones totales que se emitieron en la Construcción de la línea de Transmisión de 220 kv. Cajamarca - Carhuamayo fue de 4,025.5 Ton de CO<sub>2</sub> equivalentes.
- Las emisiones del Alcance 1 que corresponden a las emitidas por la combustión móvil representan el 93 % respecto del Alcance 2 que se origina por el consumo de energía eléctrica que

representa sólo 7% de las emisiones totales de todo el proyecto. Por tanto las emisiones más significativas corresponden a las emisiones del Alcance 1.

- 3 Por tener el porcentaje más significativo el Alcance 1, las medidas de reducción se centrarán en éstas emisiones.
- 4 Del Alcance N° 1, de los 4 tramos del proyecto, el Tramo que más emitió CO<sub>2</sub> fue el Tramo N° 2, seguido del Tramo N°4, Tramo N° 3 y luego el tramo que menos CO<sub>2</sub> emitió fue el Tramo N° 1, esto se debe al mayor uso de combustible en ese Tramo, sumado a la frecuencia y cantidad de unidades que trabajan para cada tramo.
- 5 Del Alcance N° 2, de los 4 Tramos del proyecto, el Tramo que más emitió CO<sub>2</sub> fue el Tramo N° 3, seguido del Tramo N° 4, seguido del Tramo N° 2 y el tramo que menos CO<sub>2</sub> emitió fue el Tramo N° 1, esto se debe al mayor consumo de energía en el tramo.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Al personal del proyecto de la línea de transmisión de 220 kv Cajamarca – Carhuamayo. Y de manera especial al Ingeniero Enrique Guadalupe por sus conocimientos impartidos en la mejora y culminación del trabajo de investigación. Así como al Ingeniero Daniel Lovera por su valioso aporte para la culminación exitosa de este artículo de investigación.

#### VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE. (2014). *Origen de los Gases de Efecto Invernadero*. Recuperado de <http://www.tuimpacto.org/origen-de-los-gases-de-efecto-invernadero.php>
2. AMESTOY, C. (2009). *El planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Solución*. Murcia - España: Club Universitario.
3. ECSA INGENIEROS. (2009). *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Eléctrico Línea de Transmisión Carhuamayo Cajamarca Norte*. Lima: ECSA INGENIEROS.
4. IPCC Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2006) *Directrices de IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Recuperado de <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol2.html>
5. IPCC Grupo Intergubernamental de expertos sobre El Cambio Climático (2015). *Cambio Climático 2014: Mitigación del cambio climático*. Recuperado de [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)
6. JIMENEZ, M., CANTU, V., & CONDE, A. (2006). *Líneas de Transmisión y Distribución de energía eléctrica*. México: Universidad Autónoma de Nuevo León.