

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN -SSYMA-	U.E.A. CAROLINA I CERRO CORONA
	CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN DEL INVENTARIO DE GEI	Código: SSYMA-D17.03
		Versión 06
		Página 1 de 5

1. OBJETIVO

Establecer la metodología para calcular la incertidumbre de medición del inventario de GEI asociada con los enfoques de cuantificación (datos y modelos) usados en Gold Fields.

2. ALCANCE

Aplica para determinar la incertidumbre de medición asociada con los enfoques de cuantificación del inventario de GEI de Gold Fields Cerro Corona.

3. DEFINICIONES

- 3.1. **Incetidumbre de medida:** Todo proceso de medida está sujeto a limitaciones que se traducen en la existencia de cierta incertidumbre asociada al resultado y que constituye una indicación cuantitativa de la calidad de este.
Incetidumbre de medida es un parámetro no negativo asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de valores que podrían ser razonablemente atribuidos a la magnitud que se desea medir. (Anexo 6.1).
- 3.2. **Incetidumbre típica, $u(x)$:** Parámetro asociado con el resultado de una medición expresada en forma de dispersión de los valores que podrían ser atribuidos al valor a medir.
- 3.3. **Incetidumbre típica combinada $u_c(x)$:** Incetidumbre típica del resultado de una medición, cuando el resultado se obtiene a partir de los valores de otras magnitudes.
- 3.4. **Incetidumbre expandida o incetidumbre global, $U(x)$:** Magnitud que define un intervalo en torno al resultado de una medición, y en el que se espera encontrar una fracción importante de la distribución de valores que podrían ser atribuidos al valor a medir.

La fracción puede entenderse como la probabilidad o el nivel de confianza del intervalo. Para asociar un nivel específico de confianza a un intervalo definido por la incertidumbre expandida, se requieren hipótesis explícitas o implícitas sobre la distribución de probabilidad representada por el resultado de medida y su incertidumbre típica combinada. El nivel de confianza que puede atribuirse a este intervalo posee la misma validez que las hipótesis realizadas.

4. RESPONSABILIDADES

- 4.1. **Ing. de Medio Ambiente Sr.**
 - Calcular y realizar el seguimiento y análisis de incertidumbre de medición del inventario
- 4.2. **Gerentes/Superintendentes de Áreas**
 - Proporcionar información requerida para la evaluación de la incertidumbre de medición.

5. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

5.1. Generalidades

- Las estimaciones de la incertidumbre son un elemento esencial de un inventario de emisiones. La información sobre la incertidumbre no está orientada a cuestionar la validez de las estimaciones de inventarios, sino a ayudar a priorizar los esfuerzos por mejorar la exactitud de los inventarios en el futuro y orientar las decisiones sobre elección de la metodología.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN -SSYMA-	U.E.A. CAROLINA I CERRO CORONA
	CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN DEL INVENTARIO DE GEI	Código: SSYMA-D17.03
		Versión 06
		Página 2 de 5

5.2. Proceso para la estimación de las incertidumbres

A continuación, se detalla el proceso para la evaluación de incertidumbre en la cuantificación de gases de efecto invernadero usando la técnica de propagación de error.

La herramienta de incertidumbre del protocolo GHG está diseñada para soportar el análisis de incertidumbre mediante la identificación y ranking de diferentes incertidumbres, el proceso está dividido en 5 pasos descritos a continuación:

5.2.1 Evaluación de la información inicial (Paso 1)

Durante el proceso de evaluación de la incertidumbre, debe quedar claro:

- Lo que se está estimando (es decir, las emisiones de GEI y las fuentes de información usada).
- Cuáles son las causas y fuentes probables de las incertidumbres identificadas y cuantificadas.

NOTA: Las mismas se pueden documentar.

Principalmente se usarán las fuentes de incertidumbres indicadas en las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (según fuente, principalmente).

5.2.2 Cuantificación de incertidumbres (Paso 2)

Las emisiones de GEI se pueden medir directa o indirectamente. El enfoque indirecto implica el uso de un modelo de estimación (por ejemplo, datos de actividad y un factor de emisión), mientras que el enfoque directo requiere que las emisiones a la atmósfera se midan directamente mediante algún instrumento (por ejemplo, monitoreo continuo de emisiones).

Dado que los datos obtenidos de manera directa o indirecta tienen variaciones, siempre existe incertidumbre estadística.

En la Herramienta de medición de incertidumbre del protocolo GHG, (hojas de trabajo I y II) se deberá colocar data de incertidumbre ya sea para el caso de mediciones directas o indirectas.

5.2.3 Incertidumbre combinada para medición de emisiones indirectas (Paso 3)

En el caso de la medición indirecta, las incertidumbres están relacionadas con los datos de actividad y el factor de emisión. Hay varias formas de cuantificar el rango de incertidumbre en estos parámetros, por ejemplo:

- Hacer pruebas estadísticas en uno o varios conjuntos de datos.
- Determine la precisión del instrumento de cualquier equipo de medición utilizado, especialmente para datos de actividad.
- Consultar a expertos dentro de la empresa para dar una estimación del rango de incertidumbre de los datos utilizados
- Utilizar rangos de incertidumbre (por ejemplo, los datos del IPCC proporcionados en la última hoja de trabajo de la herramienta de incertidumbre).

Como se explicó anteriormente, las emisiones medidas indirectamente se calculan multiplicando un factor de actividad y un factor de emisión, por ejemplo:

- ✓ **Electricidad comprada multiplicada por un factor para la generación de CO₂/kWh reportado por el MINEM**

La incertidumbre se ve agravada por esta multiplicación; la estimación de las emisiones resultantes

será menos segura que su componente menos cierto (principio de incertidumbre compuesta).

5.2.4 Cuantificar Incertidumbre para subtotales y totales para fuentes únicas (Paso 4)

Si se ha evaluado la incertidumbre de los parámetros para fuentes individuales en un inventario, la empresa puede determinar estimaciones de incertidumbre para subtotales y totales, utilizando un enfoque de promedio ponderado. La incertidumbre aditiva se puede estimar utilizando un método de cálculo que se describe a continuación.

Las incertidumbres numéricas se combinan utilizando técnicas de suma de raíz de cuadrados, utilizando los valores absolutos para ajustar el peso relativo de cada parámetro o estimación.

$$(C \pm c\%) + (D \pm d\%) = E \pm e\%$$

$$e = \frac{\sqrt{(C \times c)^2 + (D \times d)^2}}{E}$$

El uso de la herramienta de cálculo de incertidumbre del protocolo GHG, facilita la agregación de incertidumbres, las hojas automatizadas realizan el cálculo para emisiones medidas directa e indirectas.

5.2.5 Documentación e Interpretación de incertidumbre (Paso 5)

Al interpretar los resultados de una evaluación cuantitativa de la incertidumbre, es importante tener en cuenta las limitaciones del enfoque utilizado. Aunque puede proporcionar una evaluación útil, el enfoque de “propagación de errores” requiere muchas suposiciones que pueden no ser del todo apropiadas dadas las características de una actividad en particular en la organización.

La interpretación adecuada de la incertidumbre requiere una mención de tales limitaciones. Las interpretaciones también requieren una discusión de las causas de las incertidumbres identificadas, incluidos los sesgos y la precisión de la medición, ya sea que estas incertidumbres se cuantificaron o no para su uso en el modelo.

La interpretación de la evaluación de incertidumbre puede excluir un análisis cuantitativo de incertidumbre o rankings, especialmente si se cree que presentan una imagen incompleta de un inventario. Sin embargo, los inventarios deben incluir un análisis cualitativo detallado de las causas probables de las incertidumbres y recomendaciones conexas para mejorar la calidad de los datos.

Al documentar los resultados de la parte cuantitativa de una evaluación de incertidumbre, estos resultados se pueden clasificar utilizando la siguiente escala indicada en la Tabla N° 1:

Precisión de la data	Intervalo como porcentaje de Valor medio
Alto	+/- 5%
Bueno	+/- 15%
Regular	+/- 30%
Pobre	Más de 30%

Tabla 1.- Clasificación de precisión de los datos e intervalos correspondientes utilizados en la herramienta de incertidumbre del Protocolo de GEI

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN -SSYMA-	U.E.A. CAROLINA I CERRO CORONA
	CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN DEL INVENTARIO DE GEI	Código: SSYMA-D17.03
		Versión 06
		Página 4 de 5

La herramienta de incertidumbre del GHG Protocolo asigna automáticamente rangos en función de la escala dada en la Tabla 1, en varios niveles:

- El nivel de datos individuales para las emisiones medidas directamente
- El nivel de fuentes individuales para las emisiones medidas indirectamente
- El sub-total y el nivel total

En la **Tabla N° 2** se indican clasificaciones de certeza, y breves descripciones de las condiciones en las que es probable que se encuentren, que suelen ser las mejores alcanzadas por las instalaciones y empresa.

Es probable que los datos más pobres y la falta de un sistema de gestión de calidad efectivo conduzcan a clasificaciones más bajas.

Tabla N° 2: Clasificación de Certeza Alcanzable

Subcategoría de emisiones principales Subtotal	Mejor Clasificación de Certeza Alcanzable
Combustión estacionaria al interior de la empresa	Alto: los registros de entrega y las facturas hacen que la medición sea fácil y precisa; El contenido de carbono es casi estándar, por lo que los factores de emisión son precisos. (El carbono por tonelada de carbón varía; utilizando el factor de incumplimiento promedio para el carbón puede producir un buen total).
Emisiones de proceso	- Altos: los cálculos de balance de masa combinados con registros de entrada precisos pueden producir totales altamente precisos. - Regular o pobre: si los subproductos se calculan a partir de los totales de producción multiplicados por factores promedio de la industria. Las fugas de gases no medidos.
Vehículos	- Alto: si los registros completos de uso de combustible se contabilizan y multiplican por factores de combustible. - Regular: si la distancia por tipo de equipo se multiplica por el uso promedio de combustible por factores de distancia. - Pobre, si la distancia solo se estima.
Uso de electricidad	- Alto: si se utiliza un combustible para la generación, o si el combustible de generación marginal se puede igualar al perfil de carga de la instalación. - Regular: si se utiliza el promedio anual para una red con múltiples fuentes de combustible. - Pobre: si el uso de electricidad no se mide y debe ser estimado a partir del equipo y el tiempo de uso.

 GOLD FIELDS	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN -SSYMA-		U.E.A. CAROLINA I CERRO CORONA
	CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN DEL INVENTARIO DE GEI		Código: SSYMA-D17.03
			Versión 06
			Página 5 de 5

Subcategoría de emisiones principales Subtotal	Mejor Clasificación de Certeza Alcanzable
Materiales que ingresan o salen	- Bueno: si se utilizan algunas rutas bien documentadas, - De lo contrario, regular en el mejor de los casos.
Viajes de empleados	- Regular: si los kilómetros se cuentan con precisión. - Pobre: si los viajes se clasifican aproximadamente como cortos o largos, etc.
Disposición de residuos	- Bueno si los sistemas de recuperación están en su lugar y la mayoría de los CH₄ se recogen. - Regular: en el mejor de los casos (las cantidades de residuos pueden estar bien medidas, pero la composición, de los residuos y las condiciones de descomposición pueden variar ampliamente).

6. ANEXOS

6.1. Pasos para uso de la “herramienta de incertidumbre del protocolo GHG”.

Pasos 1 y 2 de la herramienta

1. Introduzca los datos de actividad en la columna A. Especifique la unidad en la que se miden los datos de actividad, por ejemplo, para el uso de combustible en la columna B, se puede registrar GJ, galones, litros.
2. Introduzca los rangos de incertidumbre estimados de los datos de actividad expresados en +/- porcentaje del valor medio en la columna C. Esta información podrá ser extraída de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero según fuente.
3. Introduzca el factor de emisión en la columna D. El factor de emisión debe ser compatible con la entrada de datos de actividad, y se calculará para kg de CO₂.

Ejemplo: Si el uso de un combustible se mide en GJ, el factor de emisión también debe expresarse en kg CO₂/GJ. Tener en cuenta que se puede ingresar la Unidad del factor de emisión en la Columna E.

4. Introduzca los rangos de incertidumbre estimados del factor de emisión expresados en +/- por ciento del valor medio en la columna F.
5. Las columnas G y H muestran la emisión de CO₂ calculada en kg y toneladas métricas.

Paso 3 de la herramienta: Combinación de incertidumbres para los datos de actividad y los factores de emisión (automatizado)

6. La columna I proporciona el intervalo de incertidumbre para las emisiones de una sola fuente medidas indirectamente.

 GOLD FIELDS	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN -SSYMA-		U.E.A. CAROLINA I CERRO CORONA
	CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN DEL INVENTARIO DE GEI		Código: SSYMA-D17.03
			Versión 06
			Página 6 de 5

- La columna J proporciona automáticamente la clasificación de certeza de las emisiones de una sola fuente de acuerdo con la Tabla 1.

Paso 4 de la herramienta: Calcular la incertidumbre agregada para todas las emisiones medidas indirectamente (automatizadas)

- El campo de la columna I debajo de la sección de entrada de datos, proporciona la incertidumbre agregada para todas las emisiones medidas indirectamente (las columnas K y L muestran el resultado de los cálculos intermedios con fines de control).
- El campo de la columna J debajo de la sección de entrada de datos, proporciona automáticamente la clasificación de certeza para las emisiones agregadas medidas indirectamente de acuerdo con la tabla 1 de este procedimiento.

Pasos de cálculo para la Hoja de Trabajo 2 "Agregación - medición directa"

Datos de entrada

- Introduzca las emisiones de GEI notificadas en kg para cada fuente única medida directamente en la columna A.
- Introduzca los rangos de incertidumbre estimados de las emisiones de GEI notificadas expresadas en +/- por ciento del valor medio de la columna B.
- La columna C proporciona automáticamente la clasificación de certeza de las emisiones de una sola fuente de acuerdo con la Tabla 1.

Calcular la incertidumbre agregada para todas las emisiones medidas indirectamente (automatizadas)

- El campo de la columna B debajo de la sección de entrada de datos proporciona la incertidumbre agregada para todas las emisiones medidas.
- El campo de la columna C debajo de la sección de entrada de datos proporciona automáticamente la certeza

Clasificación de las emisiones agregadas medidas directamente de acuerdo con la Tabla 1 Hoja de trabajo 3 "incertidumbre agregada"

Calcular la incertidumbre agregada para todas las emisiones ingresadas (automatizado)

- El campo gris "incertidumbre agregada" proporciona la incertidumbre agregada para todas las emisiones medidas
- El campo de color "Clasificación de incertidumbre" proporciona automáticamente la clasificación de certeza para las emisiones agregadas medidas directamente de acuerdo con la tabla 1 de este procedimiento.

 GOLD FIELDS	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN -SSYMA- CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN DEL INVENTARIO DE GEI	U.E.A. CAROLINA I CERRO CORONA
		Código: SSYMA-D17.03
		Versión 06
		Página 7 de 5

7. REFERENCIA DOCUMENTARIA

- Guía ISO/IEC 98-3 Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995).
- Protocolo GHG - Herramienta de determinación de incertidumbre.
- Formato “Cálculo y clasificación de las incertidumbres de las emisiones medidas indirectamente” – Protocolo GHG

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
Luis Dávila Abanto	Carlos Cueva	Edwin Zegarra
Supervisor de Medio Ambiente y Relaves	Jefe de Medio Ambiente de Operaciones	Gerente de Medio Ambiente, Aguas y Relaves
Fecha: 01/10/2025		Fecha: 09/10/2025