



INTE/DN 03:2016

Metodología para la cuantificación y reporte de remociones de gases de efecto invernadero producto de actividades forestales.

Correspondencia: Este documento normativo no es equivalente con ninguna norma técnica internacional, por no existir concordancia sobre el tema tratado en la misma al momento de elaborar la presente.

Miembros de



Fecha: 2016-02-05
Primera Edición
Secretaría: INTECO
Editada e impresa por ©INTECO
Derechos reservados

La presente norma técnica pertenece a INTECO en virtud de los instrumentos nacionales e internacionales, y por criterios de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Salvo por autorización expresa y escrita por parte de INTECO, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún procedimiento, electrónico o mecánico, fotocopias y microfilms inclusive, o cualquier sistema futuro para reproducir documentos. Todo irrespeto a los derechos de autor será denunciado ante las autoridades respectivas. Las solicitudes deben ser enviadas a la Dirección de Normalización de INTECO. Las observaciones a este documento diríjelas a: (506) 2283 4522 / info@inteco.org

PRÓLOGO

El Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, INTECO, es el Ente Nacional de Normalización, según la Ley N° 8279 del año 2002. Organización de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es “desarrollar la normalización del país con el soporte de los servicios de evaluación de la conformidad y productos relacionados a nivel nacional e internacional, con un equipo humano competente, con credibilidad e independencia”. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el periodo de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

Este documento normativo está sujeto a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se mencionan las organizaciones que colaboraron en el estudio de este documento normativo a través de su participación en el Comité Técnico Remociones Forestales.

Participante	Organización
Edgar Ortiz Malavasi	Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)
Edmundo Castro	Universidad Earth
Manuel González Manuel Chavarría	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO)
Alfonso Barrantes Rodríguez Sebastián Ugalde Alfaro	Oficina Nacional Forestal (ONF)
Ernesto Prado	Green Forest Solutions (GFS)
José Pablo Cobb Verónica Bolaños	Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL)
Mariluz Quirós López	Ente Costarricense de Acreditación (ECA)
Oscar Quirós Muñoz Harold Víquez Zamora	Coopelesca
Rafael Gallo Jurgen Stein	Red de Reservas Privadas de Costa Rica

CONTENIDO	PÁGINA
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	4
2 NORMAS DE REFERENCIA	4
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	4
4 CONDICIONES DE APLICABILIDAD	7
5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA REMOCIONES Y COMPENSACIONES EN ECOSISTEMAS FORESTALES.....	7
6 PROCEDIMIENTO METODOLOGICO REMOCIONES Y COMPENSACIONES POR REDD+21	
7 CORRESPONDENCIA	27

Metodología para la cuantificación y reporte de remociones de gases de efecto invernadero producto de actividades forestales.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este documento normativo especifica los procedimientos para la cuantificación y reporte de remociones de gases de efecto invernadero (GEI) en ecosistemas forestales y agro-forestales, en inventarios de GEIs, o mediante acciones dirigidas y proyectos de compensación.

Este documento normativo aplica a todo tipo de organización, independientemente de su tamaño, ubicación geográfica o actividad, así como a proyectos de manejo forestal, incluyendo reforestación (renegación natural asistida, sistemas agro-forestales y plantaciones forestales), deforestación y degradación de bosques evitadas.

2 NORMAS DE REFERENCIA

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta norma. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente.

INTE/ISO 14064-1, "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";

INTE/ISO 14064-2, "Gases de efecto invernadero - Parte 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"

INTE 12-01-06, "Norma Nacional para demostrar la Carbono Neutralidad. Requisitos"

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

3.1 acción dirigida:

actividad o iniciativa específica no organizada como un proyecto de GEI, implementada por una organización para reducir o prevenir las emisiones directas o indirectas de GEI, o aumentar las remociones de GEI.

NOTA 1. La Norma INTE-ISO 14064-2 define un proyecto de GEI.

NOTA 2. Las acciones dirigidas pueden ser continuas o discretas.

NOTA 3. Las diferencias en la emisión o la remoción de GEI que resultan de las acciones dirigidas pueden ocurrir dentro o fuera de los límites de la organización.

NOTA 4. Para aquellas organizaciones que participan en el mercado doméstico de carbono referirse a la definición de acción dirigida establecida en el Decreto N°37926-MINAE.

3.2 biomasa viva:

cantidad de materia acumulada en un ecosistema que incluye la biomasa aérea (fuste, ramas, hojas, frutos, flores) y la biomasa de raíces.

3.3 cálculos *ex ante*:

estimación de remociones futuras de gases efecto invernadero a partir de datos históricos y proyecciones, tanto en el escenario de línea base como en el escenario de proyectos.

3.4 cálculos *ex post*:

cuantificación de remociones reales de gases efecto invernadero a partir de datos medibles, reportables y verificables.

3.5 compensación de emisiones:

compra voluntaria de mecanismos de compensación para contrarrestar las emisiones que no han sido reducidas.

NOTA. Los mecanismos de compensación reconocidos por esta norma son los CER, VER y UCC.

3.6 deforestación evitada:

tipo de proyecto de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero orientado a reducir el proceso de cambio del uso del suelo, cuyos resultados se miden mediante la estimación de la cantidad de bosque en hectáreas que logran protegerse y la cantidad de carbono en CO₂ e que deja de ser emitida a la atmósfera.

3.7 degradación evitada:

tipo de proyecto de compensación de emisiones de emisiones de gases de efecto invernadero orientado a reducir la pérdida de biomasa en ecosistemas forestales, cuyos resultados se miden mediante la estimación de la cantidad de biomasa que logra protegerse y la cantidad de carbono en CO₂ e que deja de ser emitida a la atmósfera.

3.8 ecosistemas forestales:

corresponde a plantaciones forestales, regeneración natural asistida, sistemas agroforestales y bosque secundario

3.9 fuente de gases de efecto invernadero:

unidad o proceso físico que libera un GEI hacia la atmósfera.

3.10 proyectos de remoción de GEIs:

actividad o actividades que alteran las condiciones identificadas en el escenario de la línea base que causan el aumento de las remociones de GEI.

3.11 REDD+:

reducción de emisiones por deforestación y degradación del bosque, la conservación, gestión sostenible de los bosques y aumento de las reservas de carbono forestal.

3.12 reservorio de gases de efecto invernadero:

unidad física o componente de la biosfera, la geosfera o la hidrosfera, con la capacidad para almacenar o acumular un GEI removido de la atmósfera por un sumidero de GEI o un GEI capturado de una fuente de GEI.

NOTA 1. La masa total del carbono contenido en un reservorio de GEI en un punto específico en el tiempo se puede referir como depósito de carbono del reservorio.

NOTA 2. Un reservorio de GEI puede transferir GEI a otro reservorio de GEI.

NOTA 3. La recolección de un GEI de una fuente de GEI antes de que entre en la atmósfera y el almacenamiento del GEI.

3.13 regeneración natural asistida:

método para la recuperación del bosque por obra humana mediante acciones que favorecen el establecimiento de la cobertura forestal.

3.14 remoción de gases de efecto invernadero:

masa total de un GEI removido de la atmósfera en un periodo determinado.

NOTA. Definición de la norma INTE/ISO 14064-1, (apartado 2.6)

3.15 sumidero de gases de efecto invernadero:

unidad o proceso físico que remueve un GEI de la atmósfera.

3.16 tasa de deforestación bruta:

porcentaje de cobertura original boscosa perdida en un periodo de tiempo sin considerar las recuperaciones

3.17 tasa de deforestación neta:

porcentaje de cobertura original boscosa perdida en un periodo de tiempo considerando las recuperaciones “no original”

3.18 validación:

proceso sistemático, independiente y documentado para la evaluación de una declaración sobre los GEI respecto de un plan de proyecto de GEI frente a criterios de validación acordados.

NOTA 1. En algunos casos, tales como las validaciones por primera parte, la independencia se puede demostrar al no tener responsabilidad en el desarrollo de los datos e información sobre los GEI.

NOTA 2. En el apartado 5.2 de la norma INTE/ISO 14064-3:2006 se describe el contenido de un plan de contenido GEI.

NOTA 3. Adaptada de la norma INTE/ISO 14064-3:2006 definición 2.3.2

3.19 variables dasométricas básicas:

corresponde al diámetro a 1,30 m de altura (cm) y altura total del árbol (m).

3.20 verificación:

proceso sistemático, independiente y documentado para la evaluación de una declaración sobre GEI frente a los criterios de verificación acordados.

NOTA 1. En algunos casos, tales como las verificaciones por primera parte, la independencia se puede demostrar al no tener responsabilidad en el desarrollo de los datos e información sobre los GEI.

NOTA 2. En el apartado 5.2 de la norma INTE/ISO 14064-3:2006 se describe el contenido de un plan de contenido GEI.

NOTA 3. Adaptada de la norma INTE/ISO 14064-3:2006 definición 2.3.6

4 CONDICIONES DE APLICABILIDAD

4.1 Inventario de remociones

Aplica para la cuantificación de las remociones y acciones dirigidas dentro de límites operativos controlados por la organización como parte de su inventario de gases de efecto invernadero según la norma INTE/ISO 14064-1.

4.2 Proyectos de Remociones

Aplicaría para proyectos establecidos con fines de comercialización créditos de carbono, incluyendo UCCs¹, en el marco del Mercado Doméstico de Carbono (MDC) de acuerdo con el decreto ejecutivo N° 37926-MINAE..

NOTA. La metodología para proyectos de comercialización de UCCs debe ser aprobado por la Junta de Carbono, de acuerdo a la normativa nacional vigente,

5 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA REMOCIONES Y COMPENSACIONES EN ECOSISTEMAS FORESTALES

5.1 Inventario de remociones

5.1.1 Cálculos ex post (verificación)

Para el cálculo ex post en inventarios de remociones se debe cumplir con el siguiente principio:

$$\underline{\text{Remociones antropogénicas netas} = \text{remociones biomasa viva en inventarios de un año}} \quad (1)$$

5.1.2 Procedimiento

5.1.2.1 Se debe realizar una descripción general de la actividad de remoción con la siguiente información:

– Nombre de la actividad.

¹ Una Unidad Costarricense de Compensación (UCCs) es equivalente a una tonelada de CO₂-e.

– Actividad incluyendo áreas (en ha) por tipos de reforestación, y la metodología para calcular las áreas, la cual debe ser verificable. Para presentar el área total del proyecto distribuida por tipo de actividad de reforestación, véase Anexo A, tabla 1.

NOTA. Se pueden encontrar metodologías para el cálculo de áreas en la referencia bibliográfica N° [1].

– Periodo para el cual se hace el cálculo de remociones, ejemplo; Fecha: Inicial (t_1) ,Fecha: Final (t_2), Número de años ($t_2 - t_1$)

5.1.2.2 Se debe definir y justificar los reservorios que se van a incluir en el inventario de remociones. Para seleccionar y justificar los reservorios incluidos en el inventario de remociones, véase Anexo A, tabla 2.

5.1.2.3 Se debe calcular las remociones netas anuales de GEI (en t de CO₂-e) debidas a la actividad de reforestación definidas en el apartado 5.1.2.1. Utilice la metodología de cambios de reservas (Stock Change method) de la referencia bibliográfica N° [1], con la siguiente ecuación (2):

$$IR_{CO_2} = \frac{44}{12} * \left(\frac{C_{t_2} - C_{t_1}}{t_2 - t_1} \right) \quad (2)$$

Donde:

IR_{CO_2} = son las remociones anuales debidas a la actividad de reforestación
 C_{t_2} = Carbono total de todos los reservorios incluidos en el paso 2 a t_2 (en t C)
 C_{t_1} = Carbono total de todos los reservorios incluidos en el paso 2 a t_1 (en t C)
 t_1 = es la fecha de la primera medición o fecha de inicio de la reforestación
 t_2 = es la fecha de la segunda medición

5.1.2.4 Para cada evento de medición o evaluación (t_1 y t_2) se debe calcular los contenidos de carbono (C_t en t de C) igual a las suma de los totales de C de cada uno de los reservorios escogidos en el apartado 5.1.2.2, según el siguiente procedimiento:

a) Se debe definir la población a inventariar y calcular su área (en ha), la unidad de muestreo a utilizar, forma y tamaño de parcela a_i (en ha) cuando corresponda, y la población de unidades de muestreo (marco de muestreo y N). Explicar los procedimientos de cálculo de área, ya sea levantamiento topográfico de campo (estación total, o brújula, cinta, y clinómetro), GPS o medición en fotografías aéreas o imágenes de satélite, considerando la temporalidad de las mismas y su consecuencia con el periodo de reporte.

NOTA 1. Se recomienda usar parcelas circulares de un área 500 m² ($a_i = 0,05$ ha) y un radio= 12,62 m con corrección de distancia por pendiente, distribuidas sistemáticamente en el área o estratos definidos en el apartado 5.1.2.4, inciso b).

NOTA 2. Para el uso de GPS para cálculo de áreas se debe asegurar que no existan barreras físicas o cobertura boscosa que disminuyan la precisión del instrumento.

NOTA 3. En caso de sistemas agroforestales o áreas pequeñas se puede calcular el carbono total en cada evento de medición y calcular las remociones de acuerdo con la ecuación (2).

b) Se debe estratificar la población de unidades de muestreo según variaciones en los reservorios incluidos en los apartados 5.1.2.2. Para cada estrato definir el tipo de actividad de reforestación, área del estrato (A_i en ha), número de unidades de muestreo en el estrato (N_i = tamaño de cada estrato o $N_i = A_i/a_i$), y donde N es igual a la suma de N_i de $i=1$ a M). La descripción de la población según actividad de reforestación y estrato de muestreo, se debe presentar en la tabla 3, Anexo A.

c) Se debe calcular el tamaño de la muestra (n_i) para cada estrato descrito en el paso b) (donde n es el tamaño de muestra total, y es igual a la suma de los tamaños de muestra de cada estrato). Para distribuir la muestra en los estratos debe utilizarse una distribución proporcional al tamaño de estrato (N_i). Asuma un tamaño de muestra mínima por estrato de 3, y utilice las siguientes formulas (ecuaciones 3, 4 y 5):

$$n = \frac{(1,96)^2 * (CV\%)^2}{(\%E)^2 + \frac{(1,96)^2 * (CV\%)^2}{N}} \quad (3)$$

$$n_i = n * \frac{A_i}{A_T} \quad (4)$$

$$Si \rightarrow n_i < 3 \rightarrow entonces \rightarrow n_i = 3 \quad (5)$$

Donde:

i = 1, 2, 3, ... M estratos

1,96 = estadístico de distribución t-student dos colas al 95% de confiabilidad, grados de libertad $n > 30$

% E = error permitido máximo en porcentaje ($\pm 20\%$ de la media en área basal)

CV % = coeficiente de variación estimado para la población (%); igual a la desviación estándar entre el promedio multiplicado por 100.

N = Tamaño de la población igual al área total (A_t) de la población dividido entre tamaño de la parcela de muestreo (a_1) ambas en hectáreas.

n_i = Tamaño de muestra en el estrato i . Si $n_i < 3$, $n_i = 3$.

n = Tamaño de muestra total

A_i = área del estrato i en hectáreas

A_t = área total de la población en hectáreas

d) Se debe realizar las mediciones de campo en las parcelas de muestreo para calcular en cada una de ellas el carbono por hectárea en cada estrato (C_i). Si solo escogió biomasa viva en el apartado 5.1.2.2, debe medir las variables dasométricas básicas de cada uno de los árboles en cada parcela de cada estrato. Se debe documentar la selección del diámetro mínimo de medición, y ejecutar la medición del diámetro a 1,30 metros de altura según el diámetro mínimo seleccionado. Asimismo, se debe determinar la especie, estimar la altura total de todos los árboles en la parcela, y medir con un clinómetro u otro instrumento la altura total en al menos una muestra del 10 % de los árboles en la parcela, escogiendo sistemáticamente 1 de cada diez árboles dentro de la parcela. Véase páginas 19-49 de la referencia bibliográfica N° [3].

e) Se debe calcular el carbono de la biomasa viva de cada parcela usando uno de los dos métodos recomendados por la "Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS)" dependiendo de la disponibilidad de ecuaciones de biomasa o de volumen disponibles a nivel nacional para cada especie.

– **Método Directo:** Usando ecuaciones alométricas de biomasa viva. Si existen ecuaciones de biomasa viva locales calcule para cada árbol en la parcela su biomasa arriba del suelo. Si además existen ecuaciones biomasa viva abajo del suelo se debe calcular esta biomasa para cada árbol, y se debe calcular la biomasa viva por parcela, sumando la biomasa arriba y abajo del suelo de cada árbol en la parcela, y extrapole la biomasa por parcela a biomasa por hectárea.

– Si no existe ecuaciones de biomasa viva abajo del suelo por árbol, se debe calcular la biomasa arriba del suelo por parcela extrapolada a hectárea, y luego utilice una razón de tallo/raíz (R/S) para calcular biomasa abajo del suelo. Se pueden encontrar las relaciones tallo/raíz (R/S) en la referencia bibliográfica; N° [2].

– **Método Indirecto.** Se deber usar ecuaciones de volumen de tallo para calcular volumen/parcela. Luego use densidad promedio de la madera y factores de expansión de volumen del tallo (BEF_2) para estimar biomasa viva arriba del suelo/parcela. Utilice una razón de tallo/raíz (R/S) para calcular biomasa abajo del suelo. Se pueden encontrar las relaciones tallo/raíz (R/S) en la referencia bibliográfica; N° [2] y en la Tabla 4.A.4 de la referencia bibliográfica; N° [1].

f) Una vez calcula la biomasa viva de cada parcela (en t de bs/ha), se debe calcular la biomasa viva promedio para cada estrato (en t bsi/ha), su desviación estándar (en t de bsi/ha), y el total de biomasa seca en cada estrato (t bsi), así como su correspondiente total de carbono (en t de Ci), el error de muestreo en % y los límites de confianza al 95% de confiabilidad. El total de biomasa seca en un estrato es igual al promedio de biomasa seca en el estrato multiplicado por el área del estrato (A_i), y el total de carbono en el estrato es igual al total de biomasa seca multiplicado por la fracción de carbono promedio para las especies en el estrato (CF_i , valor por omisión en promedio es 0,5). Los resultados del cálculo de biomasa viva y de carbono por estrato se deben presentar en un cuadro como se presenta en la tabla 4, Anexo A.

g) Finalmente se debe calcular el carbono total (C_t) en un evento de medición dado (t_1 o t_2). Este es igual a la suma de los totales de carbono en cada estrato calculados en el apartado 5.1.2.4, inciso f).

h) Si además escogió biomasa muerta en el apartado 5.1.2.2, se debe usar el procedimiento establecido en el apartado 4.3.3.5.3 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela).

i) Si además escogió biomasa de mantillo en el apartado 5.1.2.2, se debe usar el procedimiento establecido en el apartado 4.3.3.5.3 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela).

j) Si además escogió biomasa de vegetación arbustiva y herbácea en el apartado 5.1.2.2 se debe usar el procedimiento establecido en los apartados 4.3.3.5.1 y 4.3.3.5.2 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela)

k) Si además escogió carbono en el suelo en el apartado 5.1.2.2, proceda a usar el procedimiento establecido en el apartado 4.3.3.5.4 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela).

5.2 Proyectos de remociones / compensaciones

5.2.1 Cálculo ex ante (validación)

Para el cálculo *ex ante* en proyectos de remociones/compensaciones se debe cumplir con el siguiente principio (ecuación 6):

(6)

Remociones antropogénicas netas = remociones biomasa viva – emisiones debidas al proyecto – remociones de línea base

NOTA. Se excluyen las fugas por las siguientes razones: (1) Según la legislación costarricense no se permite el cambio de uso del suelo. (2) El área actualmente no es bosque y no lo era antes del 1 de Julio 2007.

Para el cálculo de remociones de línea base se deben seguir las siguientes condiciones de aplicabilidad:

- El área actualmente a reforestar no es bosque y no lo era antes del 1 de Julio 2007, las remociones de línea base son cero.
- El área actualmente a reforestar es plantación forestal y se cosecha, las remociones de línea base son cero.
- El área actualmente a reforestar no es bosque y se establece un cultivo perenne y tallo leñoso, las remociones de línea base son cero.
- El área actualmente a reforestar es dedicada a la agricultura, las remociones de línea base son cero.
- El área actualmente a reforestar posee árboles aislados y no es bosque, las remociones de línea base son mayores que cero y deben calcularse y restarse a las remociones de biomasa viva bajo el escenario de proyecto.
- El área actualmente a reforestar posee regeneración natural pero no es bosque, las remociones de línea base son mayores que cero y deben calcularse y restarse a las remociones de biomasa viva bajo el escenario de proyecto.

El área actualmente es bosque secundario por regeneración natural, las remociones de línea base son mayores que cero y deben calcularse y restarse a las remociones de biomasa viva bajo el escenario de proyecto.

5.2.2 Procedimiento bajo el escenario de línea base

Se debe desarrollar la información documental del proyecto, la cual debe ser desarrollada por el proponente para ser validada interna y externamente previo a la implementación del proyecto. Para desarrollar la información, se debería utilizar información secundaria del comportamiento de las especies dominantes que se consideraran en el proyecto, considerando condiciones agroecológicas del sitio y así determinar capacidad de fijación de carbono por hectárea/año de manera que se permita estimar proyecciones.

5.2.2.1 Metodología *ex ante* para el cálculo de remociones bajo escenario de línea base

a) Se debe describir las actividades de remoción de GEI bajo el escenario de línea base, incluyendo tipo de actividades y área correspondiente, véase Anexo A, tabla 5.

Periodo para el cual se hace el cálculo de remociones, ejemplo; Fecha: Inicial (t1), Fecha: Final (t2).

b) Se debe definir y justificar los reservorios que se van a incluir en el inventario de remociones bajo el escenario de línea base, véase Anexo A, tabla 2.

c) Se debe estratificar la población de unidades de muestreo según variaciones en los reservorios incluidos en el apartado 5.2.2.1, incisos a) y b), bajo el escenario de línea base para cada estrato definir tipo de actividad de reforestación, estrato área del estrato (A_i en ha).

d) Se debe calcular las remociones anuales netas (en t de CO₂-e) debidas a la actividad de reforestación definidas en el apartado 5.2.2.1, inciso a), bajo el escenario de línea base. Se recomienda utilizar metodología de pérdidas y ganancias de IPPC (gain and loss), con las siguientes fórmulas (ecuaciones 7, 8, 9 10 y 11):

$$\Delta C_{LB} = \sum_{t=1}^t \sum_{i=1}^M \Delta C_{LB,it} \quad (7)$$

Donde:

ΔC_{LB} = La suma de los cambios de los stock de carbono de la biomasa viva en t CO₂ e para la estimación de línea base

$\Delta C_{LB,it}$ = Los cambios de los stock de la biomasa viva en el estrato i al tiempo t

$$\Delta CO_{2LB,t} = \Delta CO_{2G,t} - \Delta CO_{2L,t} \quad (8)$$

$$\Delta CO_{2G,t} = \sum_{i=1}^M A_{it} \cdot CO_{2TOTAL,it} \quad (9)$$

$$CO_{2TOTAL,it} = \sum_{i=1}^M G_{w,it} \cdot (1 + R_i) \cdot CF_i \cdot \frac{44}{12} \quad (10)$$

$$\Delta G_{w,it} = I_{v,it} \cdot D_i \cdot FEB_{1i} \quad (11)$$

Donde:

$\Delta CO_{2LB,t}$ = Suma de los cambio de los contenidos de carbono de la biomasa viva en la línea base en el año t, tCO₂-e

$\Delta CO_{2G,t}$ = Suma del incremento de los contenidos de carbono de la biomasa viva en el año t, bajo el escenario de línea base, tCO₂-e.

$\Delta CO_{2L,t}$ = Suma de las pérdidas de los contenidos de carbono de la biomasa viva en el año t, bajo el escenario de línea base, tCO₂-e

A_{it} = Área en hectáreas del estrato i en el año t.

$CO_{2TOTAL,it}$ = Incremento medio anual de los contenidos de carbono de la biomasa viva en el estrato i en el año t, tCO₂-e / ha.

$G_{w,it}$ = Incremento medio anual de la biomasa arriba del suelo para el estrato i en el año t, t biomasa seca/ha

R_i = Razón raíz/tallo para para el estrato i.

CF_i = Fracción de carbono para el estrato i.

$I_{v,it}$ = Incremento medio anual en volumen del tallo para el estrato i en el año t , $m^3 / ha / año$

D_i = Densidad promedio de la madera para el estrato i , t/m^3

FEB_{1i} = Factor de expansión de biomasa para convertir un incremento medio anual de volumen de tallo a un incremento de biomasa arriba del suelo en el estrato i .

e) Para cada estrato bajo el escenario de línea base se debe determinar las variables de la Tabla 6, Anexo A, para el cálculo de remociones.

f) Para el cálculo de pérdidas se debe utilizar la siguiente ecuación (12, 13, 14 y 15):

$$\Delta CO_{2L,it} = L_{hr,it} + L_{fw,it} + L_{ot,it} \quad (12)$$

Donde:

$\Delta CO_{2L,it}$ = Reducciones anuales de los contenidos de carbono debido a pérdidas en biomasa viva para el estrato i en el año t , tCO_2-e

$L_{hr,it}$ = Pérdidas anuales en los contenidos de carbono debido a cosecha en el estrato i en el año t , tCO_2-e ,

$L_{fw,it}$ = Pérdidas anuales en los contenidos de carbono debido a extracción de madera para leña en el estrato i en el año t , tCO_2-e

$L_{ot,it}$ = Pérdidas anuales en los contenidos de carbono debido a mortalidad en el estrato i en el año t , tCO_2-e

$$L_{hr,t} = \sum_{i=1}^M (A_{it} \cdot H_{it} \cdot D_i \cdot FEB_{2,i} \cdot CF_i \cdot \frac{44}{12}) \quad (13)$$

$$L_{fw,t} = \sum_{i=1}^M (A_{it} \cdot H_{fw,it} \cdot D_i \cdot FEB_{2,i} \cdot CF_i \cdot \frac{44}{12}) \quad (14)$$

$$L_{ot,t} = \sum_{i=1}^M (A_{it} \cdot BH_{it} \cdot FEB_{2,i} \cdot CF_i \cdot \frac{44}{12}) \quad (15)$$

Donde:

A_{it} = Área en hectáreas del estrato i en el año t .

H_{it} = volumen comercial cosechado en el estrato i en el año t , m^3/ha .

D_i = Densidad promedio de la madera para el estrato i , t/m^3 .

FEB_{2i} = Factor de expansión de biomasa para convertir un volumen de madera cosechada en troza a un incremento de biomasa arriba del suelo en el estrato i .

CF_i = Fracción de carbono para el estrato i.

$H_{fv,it}$ = volumen de madera extraída para leña en el estrato i en el año t, m³/ha.

BH_{it} = Biomasa seca perdida debida a mortalidad en el estrato i en el año t, t biomasa seca/ha.

g) Finalmente para cada estrato bajo el escenario de línea base se debe determinar las variables de la Tabla 7, Anexo A, para el cálculo de pérdidas.

5.2.3 Procedimiento bajo escenario de proyecto

5.2.3.1 Metodología *ex ante* para el cálculo de remociones bajo escenario de proyecto

a) Se debe estratificar la población de unidades de muestreo según variaciones en los reservorios incluidos en el apartado 5.2.2.1, incisos a) y b), bajo el escenario de proyecto para cada estrato definir tipo de actividad de reforestación, estrato área del estrato (A_i en ha).

b) Se debe calcular las remociones anuales netas (en t de CO₂-e) debidas a la actividad de reforestación definidas en el apartado 5.2.2.1, inciso a), bajo el escenario de proyecto. Se recomienda utilizar la metodología de pérdidas y ganancias de IPPC (gain and loss), con las siguientes fórmulas (ecuaciones 16, 17, 18, 19 y 20):

$$\Delta C_{EP} = \sum_{t=1}^t \sum_{i=1}^M \Delta C_{EP,it} \quad (16)$$

Donde:

ΔC_{EP} = La suma de los cambios de los stock de carbono de la biomasa viva en t CO₂ e para la estimación de escenario de proyecto

$\Delta C_{EP,it}$ = Los cambios de los stock de la biomasa viva en el estrato i al tiempo t, bajo el escenario de proyecto

$$\Delta CO_{2EP,t} = \Delta CO_{2G,t} - \Delta CO_{2L,t} \quad (17)$$

$$\Delta CO_{2G,t} = \sum_{i=1}^M A_{it} \cdot CO_{2TOTAL,it} \quad (18)$$

$$CO_{2TOTAL,it} = \sum_{i=1}^M G_{w,it} \cdot (1 + R_i) \cdot CF_i \cdot \frac{44}{12} \quad (19)$$

(20)

$$\Delta G_{w,it} = I_{v,it} \cdot D_i \cdot FEB_{1i}$$

Donde:

$\Delta CO_{2EP,t}$ = Suma de los cambio de los contenidos de carbono de la biomasa viva en el escenario de proyecto en el año t, tCO₂-e

$\Delta CO_{2G,t}$ = Suma del incremento de los contenidos de carbono de la biomasa viva en el año t, bajo el escenario de proyecto, tCO₂-e.

$\Delta CO_{2L,t}$ = Suma de las pérdidas de los contenidos de carbono de la biomasa viva en el año t, bajo el escenario de proyecto, tCO₂-e

A_{it} = Área en hectáreas del estrato i en el año t.

$CO_{2TOTAL,it}$ = Incremento medio anual de los contenidos de carbono de la biomasa viva en el estrato i en el año t, tCO₂-e / ha.

$G_{w,it}$ = Incremento medio anual de la biomasa arriba del suelo para el estrato i en el año t, t biomasa seca/ha

R_i = Razón raíz/tallo para para el estrato i.

CF_i = Fracción de carbono para el estrato i.

$I_{v,it}$ = Incremento medio anual en volumen del tallo para el estrato i en el año t, m³ / ha / año

D_i = Densidad promedio de la madera para el estrato i, t/m³

FEB_{1i} = Factor de expansión de biomasa para convertir un incremento medio anual de volumen de tallo a un incremento de biomasa arriba del suelo en el estrato i.

c) Para cada estrato bajo el escenario de proyecto se debe determinar las variables de la Tabla 6 del Anexo A, para el cálculo de remociones.

d) Para el cálculo de pérdidas se debe utilizar la siguiente ecuación (ecuaciones 21, 22, 23 y 24):

(21)

$$\Delta CO_{2L,it} = L_{hr,it} + L_{fw,it} + L_{ot,it}$$

Donde:

$\Delta CO_{2L,it}$ = Reducciones anuales de los contenidos de carbono debido a pérdidas en biomasa viva para el estrato i en el año t, tCO₂-e, bajo el escenario del proyecto

$L_{hr,it}$ = Pérdidas anuales en los contenidos de carbono debido a cosecha en el estrato i en el año t, tCO₂-e,

$L_{fw,it}$ = Pérdidas anuales en los contenidos de carbono debido a extracción de madera para leña en el estrato i en el año t, tCO₂-e

$L_{ot,it}$ = Pérdidas anuales en los contenidos de carbono debido a mortalidad en el estrato i en el año t, tCO₂-e

(22)

$$L_{hr,t} = \sum_{i=1}^M (A_{it} \cdot H_{it} \cdot D_i \cdot FEB_{2,i} \cdot CF_i \cdot \frac{44}{12}) \quad (23)$$

$$L_{fw,t} = \sum_{i=1}^M (A_{it} \cdot H_{fw,it} \cdot D_i \cdot FEB_{2,i} \cdot CF_i \cdot \frac{44}{12}) \quad (24)$$

$$L_{ot,t} = \sum_{i=1}^M (A_{it} \cdot BH_{it} \cdot FEB_{2,i} \cdot CF_i \cdot \frac{44}{12})$$

Donde:

A_{it} = Área en hectáreas del estrato i en el año t.

H_{it} = volumen comercial cosechado en el estrato i en el año t, m³/ha.

D_i = Densidad promedio de la madera para el estrato i, t/m³.

FEB_{2i} = Factor de expansión de biomasa para convertir un volumen de madera cosechada en troza a un incremento de biomasa arriba del suelo en el estrato i.

CF_i = Fracción de carbono para el estrato i.

$H_{fw,it}$ = volumen de madera extraída para leña en el estrato i en el año t, m³/ha.

BH_{it} = Biomasa seca perdida debida a mortalidad en el estrato i en el año t, t biomasa seca/ha.

e) Para cada estrato bajo el escenario de proyecto se debe determinar las variables del Anexo A, tabla 7, para el cálculo de pérdidas.

5.2.3.2 Metodología *ex ante* para el cálculo de emisiones de GEI debidas al proyecto.

Para el cálculo de emisiones debidas al proyecto se deben utilizar los factores de emisión emitidos por el IMN y las metodologías aprobadas por el IPCC, se debe hacer un cálculo por año de duración del proyecto y se deben considerar al menos las fuentes de emisiones directas e indirectas. Para cálculos *ex ante* se deben usar las estimaciones de consumo por cada fuente de emisión, según la tabla 8, Anexo A.

5.2.3.3 Resultados

El resultado de la estimación *ex ante* de las remociones antropogénicas netas GEI se debe presentar en un formato como se muestra en la tabla 9, Anexo A y es igual a la comparación de la estimación de las remociones netas bajo el escenario del proyecto menos las remociones netas bajo el escenario de línea base, menos la estimación de emisiones debidas al proyecto.

5.2.4 Cálculo *ex-post*

Para el cálculo *ex post* en proyectos de remociones/compensaciones se debe observar en siguiente principio (ecuación 25):

$$\underline{\text{Remociones antropogénicas netas} = \text{remociones biomasa viva} -}$$

emisiones debidas al proyectos – remociones de línea base

(25)

NOTA 1. Se excluyen las fugas por las siguientes razones: (1) Según la legislación costarricense no se permite el cambio de uso del suelo. (2) El área actualmente no es bosque y no lo era antes del 1 de Julio 2007.

NOTA 2. Las remociones de línea base se calculan ex ante solamente una vez, y no se modifican durante la operación del proyecto.

NOTA 3. El cálculo ex post de remociones/compensaciones se realiza periódicamente según se haya definido en el documento del proyecto.

5.2.5 Procedimiento ex post para el cálculo de remociones de biomasa viva

5.2.5.1 Se debe realizar una descripción general de la actividad de remoción con la siguiente información:

- Nombre de la actividad.
- Actividad incluyendo áreas (en ha) por tipos de reforestación, y la metodología para calcular las áreas, la cual debe ser verificable, véase tabla 1, Anexo A.
- Periodo para el cual se hace el cálculo de remociones, ejemplo; Fecha: Inicial (t1), Fecha: Final (t2), Número de años (t2- t1).

5.2.5.2 Se debe definir y justificar los reservorios que se van a incluir en el proyecto, según la tabla 2 del Anexo A.

5.2.5.3 Se debe calcular las remociones antropogénicas anuales netas (en t de CO₂-e) debidas a la actividad de reforestación definidas en el apartado 5.2.4.1. Utilice la metodología de cambios de reservas (Stock Change method) del IPCC Good Practice Guidance for LULUCF, con la siguiente ecuación (26):

$$IR_{CO_2} = \frac{44}{12} * \left(\frac{C_{t_2} - C_{t_1}}{t_2 - t_1} \right) \quad (26)$$

Donde:

IR_{CO₂} = son las remociones antropogénicas anuales debidas a la actividad de reforestación

C_{t₂} = Carbono total de todos los reservorios incluidos en el paso 2 a t₂ (en t C)

C_{t₁} = Carbono total de todos los reservorios incluidos en el paso 2 a t₁ (en t C)

t₁ = es la fecha de la primera medición

t₂ = es la fecha de la segunda medición

NOTA. Ct₁ es igual a cero al inicio del proyecto de reforestación.

5.2.5.4 Para cada evento de medición o evaluación (t₁ y t₂) se debe calcular los contenidos de carbono (C_t en t de C) igual a las suma de los totales de C de cada uno de los reservorios escogidos en el paso 2, según el siguiente procedimiento:

a) Se debe definir la población a inventariar y calcular su área (en ha), la unidad de muestreo a utilizar, forma y tamaño de parcela a_i (en ha) cuando corresponda, y la población de unidades de muestreo (marco de muestreo y N). Explicar los procedimientos de cálculo de área, ya sea levantamiento topográfico de campo (estación total, o brújula, cinta, y clinómetro), GPS o medición en fotografías aéreas o imágenes de satélite, considerando la temporalidad de las mismas y su consecuencia con el periodo de reporte.

NOTA 1. Se recomienda usar parcelas circulares de un área 500 m² ($a_i = 0,05$ ha) y un radio= 12,62 m con corrección de distancia por pendiente, distribuidas sistemáticamente en el área o estratos definidos en el apartado 5.1.2.4, inciso b).

NOTA 2. Para el uso de GPS para cálculo de áreas se debe asegurar que no existan barreras físicas o cobertura boscosa que disminuyan la precisión del instrumento.

NOTA 3. En caso de sistemas agroforestales o áreas pequeñas se puede calcular el carbono total en cada evento de medición y calcular las remociones de acuerdo con la ecuación (2)

b) Se debe estratificar la población de unidades de muestreo según variaciones en los reservorios incluidos en los apartados 5.2.4.1 y 5.2.4.2. Para cada estrato definir tipo de actividad de reforestación, estrato área del estrato (A_i en ha), número de unidad de muestreo en el estrato ($N_i =$ tamaño de cada estrato o $N_i = A_i/a_i$), y donde N es igual a la suma de N_i de $i=1$ a M). Véase tabla 3, Anexo A.

c) Se debe calcular el tamaño de la muestra (n_i) para cada estrato descrito en el paso b) (donde n es el tamaño de muestra total, y es igual a la suma de los tamaños de muestra de cada estrato). Para distribuir la muestra en los estratos debe utilizarse una distribución proporcional al tamaño de estrato (N_i). Asuma un tamaño de muestra mínima por estrato de 3, y utilice las siguientes ecuaciones (27, 28 y 29):

$$n = \frac{(1,96)^2 * (CV\%)^2}{(\%E)^2 + \frac{(1,96)^2 * (CV\%)^2}{N}} \quad (27)$$

$$n_i = n * \frac{A_i}{A_T} \quad (28)$$

$$Si \rightarrow n_i < 3 \rightarrow entonces \rightarrow n_i = 3 \quad (29)$$

Donde:

i = 1, 2, 3, ... M estratos
 $1,96$ = estadístico de distribución t-student dos colas al 95% de confiabilidad, grados de libertad $n > 30$

$\% E$ = error permitido máximo en porcentaje ($\pm 20\%$ de la media en área basal)

$CV \%$ = coeficiente de variación estimado para la población (%); igual a la desviación estándar entre el promedio multiplicado por 100.

N = Tamaño de la población igual al área total (A_i) de la población dividido entre tamaño de la parcela de muestreo (a_i) ambas en hectáreas.

n_i = Tamaño de muestra en el estrato i . Si $n_i < 3$, $n_i = 3$.

n = Tamaño de muestra total

A_i = área del estrato i en hectáreas
 A_t = área total de la población en hectáreas

l) Se debe realizar las mediciones de campo en las parcelas de muestro para calcular en cada una de ellas el carbono por hectárea en cada estrato (C_i). Si solo escogió biomasa viva en el apartado 5.2.4.2, debe medir las variables dasométricas básicas de cada uno de los árboles en cada parcela de cada estrato i . Se debe documentar la selección del diámetro mínimo de medición, y ejecutar la medición del diámetro a 1,30 metros de altura según el diámetro mínimo seleccionado. Asimismo, se debe determinar la especie, estimar la altura total de todos los árboles en la parcela, y medir con un clinómetro u otro instrumento la altura total en al menos una muestra del 10 % de los árboles en la parcela, escogiendo sistemáticamente 1 de cada diez árboles dentro de la parcela. Véase páginas 19-49 de la referencia bibliográfica N° [3].

d) Se debe calcular el carbono de la biomasa viva de cada parcela usando uno de los dos métodos recomendados por el IPCC Good Practice Guidance for LULUCF dependiendo de la disponibilidad de ecuaciones de biomasa o de volumen disponibles a nivel nacional para cada especie.

– **Método Directo:** Usando ecuaciones alométricas de biomasa. Si existen ecuaciones de biomasa locales calcule para cada árbol en la parcela su biomasa arriba del suelo. Si además existen ecuaciones biomasa abajo del suelo se debe calcular esta biomasa para cada árbol, y se debe calcular la biomasa viva por parcela, sumando la biomasa arriba y abajo del suelo de cada árbol en la parcela, y extrapole la biomasa por parcela a biomasa por hectárea.

– Si no existe ecuaciones de biomasa abajo del suelo por árbol, se debe calcular la biomasa arriba del suelo por parcela extrapolada a hectárea, y luego utilice una razón de tallo/raíz (R/S) para calcular biomasa abajo del suelo usando el procedimiento de Cairns et al (1997).

– **Método Indirecto.** Se deber usar ecuaciones de volumen de tallo para calcular volumen/parcela. Luego use densidad promedio de la madera y factores de expansión de volumen del tallo (BEF_2) para estimar biomasa viva arriba del suelo/parcela. Utilice una razón de tallo/raíz (R/S) para calcular biomasa abajo del suelo. Se pueden encontrar las relaciones tallo/raíz (R/S) en la referencia bibliográfica; N° [2] y en la Tabla 4.A.4 de la referencia bibliográfica; N° [1].

e) Una vez calcula la biomasa viva de cada parcela (en t de bs/ha), se debe calcular la biomasa viva promedio para cada estrato (en t bsi/ha), su desviación estándar (en t de bsi/ha), y el total de biomasa seca en cada estrato (t bsi), así como su correspondiente total de carbono (en t de C_i), y el error de muestreo en % y los límites de confianza al 95% de confiabilidad. El total de biomasa seca en un estrato es igual al promedio de biomasa seca en el estrato multiplicado por el área del estrato (A_i), y el total de carbono en el estrato es igual al total de biomasa seca multiplicado por la fracción de carbono promedio para las especies en el estrato (CF_i , valor por omisión en promedio es 0,5). Los resultados del cálculo de biomasa viva y de carbono por estrato se deben presentar en un cuadro como se presenta en la tabla 4.

f) Finalmente se debe calcular el carbono total (C_t) en un evento de medición dado (t_1 o t_2) según la tabla 4, Anexo A. Este es igual a la suma de los totales de carbono en cada estrato calculados en el apartado 5.2.5.4, inciso f).

m) Si además escogió biomasa muerta en el apartado 5.2.5.2, se debe usar el procedimiento establecido en el apartado 4.3.3.5.3 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela).

n) Si además escogió biomasa de mantillo en el apartado 5.2.5.2, se debe usar el procedimiento establecido en el apartado 4.3.3.5.3 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela).

o) Si además escogió biomasa de vegetación arbustiva y herbácea en el apartado 5.2.5.2 se debe usar el procedimiento establecido en los apartados 4.3.3.5.1 y 4.3.3.5.2 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela)

p) Si además escogió carbono en el suelo en el apartado 5.2.5.2, proceda a usar el procedimiento establecido en el apartado 4.3.3.5.4 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela).

5.2.5.5 Metodología para el cálculo *ex post* de emisiones de GEI debidas al proyecto.

a) Para el cálculo de emisiones debidas al proyecto se deben utilizar las metodologías aprobadas por el IMN e IPCC, se debe hacer un cálculo por año de duración del proyecto y se deben considerar al menos las fuentes de emisiones directas e indirectas. Para cálculos *ex post* se deben usar los registros reales de consumo del proyecto para cada fuente de emisión, según la tabla 8, Anexo A.

5.2.5.6 Resultados

a) El resultado de la estimación *ex post* de las remociones antropogénicas netas GEI se debe presentar en un formato como se muestra en la tabla 9, Anexo A y es igual a la comparación de la estimación de las remociones netas bajo el escenario del proyecto menos las remociones netas bajo el escenario de línea base, menos la estimación de emisiones debidas al proyecto.

b) Para un periodo de evaluación dado las remociones/compensaciones se deben calcular restando a las remociones de biomasa viva calculadas en el apartado 5.2.5, las emisiones debidas al proyecto calculadas en el apartado 5.2.5.5 y las remociones de línea base calculadas *ex post* en el documento del proyecto.

6 PROCEDIMIENTO METODOLOGICO REMOCIONES Y COMPENSACIONES POR REDD+

Este capítulo de procedimientos aplica tanto para proyectos de compensación como para acciones dirigidas de remoción.

6.1. Cálculo ex ante (validación)

Para el cálculo ex ante de emisiones evitadas por REDD+ se debe observar el siguiente principio (ecuación 30):

$$\text{Emisiones evitadas antropogénicas netas} = \text{contenido de CO}_2 \text{ en la biomasa viva bajo el escenario de proyecto} - \text{contenido de CO}_2 \text{ en la biomasa viva bajo el escenario de línea base} - \text{otras emisiones CO}_2 \text{ debidas al proyecto} \quad (30)$$

NOTA. Se excluyen las fugas por las siguientes razones: (1) Según la legislación costarricense no se permite el cambio de uso del suelo. (2) El área actualmente es bosque y lo era antes del 1 de Julio 2007.

Para esta modalidad se deben cumplir las siguientes condiciones de aplicabilidad:

- El área actualmente es bosque y lo era antes del 1 de Julio 2007.
- El escenario de línea base se debe calcular ex ante y no debe cambiar durante el periodo del proyecto o acción dirigida.
- Aplicar las tasas de deforestación brutas calculadas para una de las regiones establecidas por MIDEPLAN.

Asimismo, se pueden presentar proyectos o acciones dirigidas de los siguientes tipos:

- Se pueden incluir actividades del manejo forestal sostenible.
- Se pueden incluir actividades de manejo de bosques secundarios.
- Se pueden incluir actividades de deforestación/degradación evitada.

6.1.2 Procedimiento para cálculo de remociones bajo el escenario de línea base

Se debe desarrollar la información documental del proyecto o acción dirigida, la cual debe ser presentada a quien corresponda (validador y/o verificador) previo a la implementación del proyecto o acción dirigida. Para el cálculo de remociones bajo el escenario de línea base se debe utilizar información primaria o secundaria de los contenidos de biomasa por tipo de bosque considerando zonas de vida, estado sucesional del bosque y la tasa de deforestación bruta definida para la región donde se localiza el proyecto.

6.1.2.1 Metodología de ex ante para el cálculo de las remociones de línea base

a) Se debe describir las actividades de deforestación/degradación del bosque bajo el escenario de línea base, incluyendo tipo de actividades y área correspondiente, tal como lo indica la tabla 10, Anexo A.

Periodo para el cual se hace el cálculo de emisiones evitadas: Fecha: Inicial (t1) Fecha: Final (t2)

b) Se debe definir y justificar los reservorios que se van a incluir en el cálculo de emisiones evitadas por REDD conforme a la tabla 2, Anexo A.

c) Se debe estratificar la población según variaciones en los reservorios bajo el escenario de línea base para cada estrato, además se debe definir la tasa de deforestación bruta de la región, los contenidos de biomasa según los reservorios definidos, así como la tasa de incremento medio de biomasa en el caso correspondiente.

d) Se debe calcular el contenido de CO₂ en la biomasa viva bajo el escenario de línea base para cada año de duración del proyecto o acción dirigida y para cada estrato definido en el inciso b). Se debe utilizar la siguiente ecuación (31):

$$TCO_2 = [44/12 * FC] * \left[\sum_{i=1}^M A_i * [(1 - D_i)^t] * [B_i] \right] \quad (31)$$

NOTA. Se asume bajo el escenario de línea base la tasa de crecimiento (G_i) es igual a cero.

En donde

FC= fracción de carbono por unidad de biomasa

A_i= Área del estrato i

D_i= tasa de deforestación bruta para la región donde se encuentra el proyecto o acción dirigida.

M = Número de estratos del proyecto o acción dirigida.

t = tiempo

B_i = Contenido de biomasa para los reservorios incluidos en el proyecto o acción dirigida en el estrato i correspondiente

e) Para cada estrato bajo el escenario de línea base se debe determinar las variables establecidas en la tabla 11, Anexo A.

6.1.3 Procedimiento *ex ante* para cálculo de remociones bajo el escenario de proyecto o acción dirigida.

Se debe desarrollar la información documental del proyecto o acción dirigida, la cual debe ser presentada a quien corresponda (validador y/o verificador) previo a la implementación del proyecto o acción dirigida. Para el cálculo de remociones bajo el escenario de proyecto o acción dirigida, se debe utilizar información primaria o secundaria de los contenidos de biomasa por tipo de bosque considerando zonas de vida, estado sucesional del bosque y asumiendo una tasa de deforestación bruta igual a cero bajo el escenario del proyecto o acción dirigida.

6.1.3.1 Metodología de *ex ante* para el cálculo de contenidos de biomasa bajo escenario del proyecto o acción dirigida.

a) Se debe describir las actividades de conservación y/o protección del bosque bajo el escenario del proyecto o acción dirigida, incluyendo tipo de actividades y área correspondiente como se establece en la tabla 12, Anexo A.

Periodo para el cual se hace el cálculo de emisiones evitadas: Fecha: Inicial (t1), Fecha: Final (t2).

b) Se debe definir y justificar los reservorios que se van a incluir en el cálculo de emisiones evitadas por REDD. Los reservorios definidos deben ser iguales a los que se establecieron bajo el escenario de línea base.

c) Se debe estratificar la población según variaciones en los reservorios bajo el escenario del proyecto o acción dirigida y para cada estrato definir los contenidos de biomasa según los reservorios definidos, así como la tasa de incremento medio de biomasa en el caso que corresponda.

d) Se debe calcular el contenido de CO₂ en la biomasa viva bajo el escenario del proyecto o acción dirigida para cada año de duración del mismo y para cada estrato definido en el inciso b). Se debe utilizar la siguiente ecuación (31):

(31)

$$TCO_2 = [44/12 * FC] * \left[\sum_{i=1}^M A_i * [B_i + (G_i * t)] \right]$$

NOTA. Se asume bajo el escenario de proyecto o acción dirigida que la tasa de deforestación (D_i) es igual a cero.

En donde

FC= fracción de carbono por unidad de biomasa

A_i= Área del estrato i

G_i = tasa de crecimiento de la biomasa para el estrato i correspondiente

M = Número de estratos del proyecto o acción dirigida.

t = tiempo

B_i = Contenido de biomasa para los reservorios incluidos en el proyecto en el estrato i correspondiente

e) Para cada estrato bajo el escenario de proyecto o acción dirigida se debe determinar las variables de la tabla 13, Anexo A.

6.1.3.2 Metodología para el cálculo *ex ante* de emisiones de GEI debidas al proyecto o acción dirigida.

Para el cálculo de emisiones debidas al proyecto o acción dirigida se deben utilizar los factores de emisión emitidos por el IMN y las metodologías aprobadas por el IPCC, se debe hacer un cálculo para cada año de duración del proyecto o acción dirigida y se deben considerar al menos las fuentes de emisiones directas e indirectas de la tabla 8, Anexo A. Para cálculos *ex ante* se deben usar las estimaciones de consumo por cada fuente de emisión.

6.1.3.3 Resultados

El resultado de la estimación *ex ante* de las emisiones evitadas antropogénicas netas de GEI se debe presentar en un formato como se muestra en la tabla 9, Anexo A, y es igual a la comparación de la estimación del contenido de CO₂ en los reservorios bajo escenario de proyecto o acción dirigida menos contenido de CO₂ en los reservorios bajo escenario de línea base, menos la estimación de otras emisiones CO₂ debidas al proyecto o acción dirigida.

6.1.4 Cálculo *ex post*

Para el cálculo *ex post* en proyectos o acciones dirigidas de deforestación/degradación evitada se debe observar en siguiente principio (ecuación 32):

(32)

$$\underline{\text{Emisiones evitadas antropogénicas netas} = \text{contenido de CO}_2 \text{ en los reservorios bajo escenario de proyecto o acción dirigida} - \text{contenido de CO}_2 \text{ en los reservorios bajo escenario de línea base} - \text{otras emisiones CO}_2 \text{ debidas al proyecto o acción dirigida.}}$$

En donde:

– Los contenidos de CO₂ en los reservorios bajo escenario de proyecto o acción dirigida se deben calcular utilizando los procedimientos de inventarios forestales de campo.

- Los contenidos de CO₂ en los reservorios bajo escenario de línea base son idénticos a los calculados por el procedimiento de cálculo *ex ante* y validados y/o verificados en el documento del proyecto o acción dirigida.
- Las emisiones de CO₂ debidas al proyecto se deben calcular con datos reales registrados durante la ejecución del proyecto o acción dirigida.

NOTA 1. Se excluyen las fugas por las siguientes razones: (1) Según la legislación costarricense no se permite el cambio de uso del suelo. (2) El área actualmente es bosque y lo era antes del 1 de Julio 2007.

NOTA 2. Las remociones de línea base se calculan *ex ante* solamente una vez, y no se modifican durante la operación del proyecto o acción dirigida.

NOTA 3. El cálculo *ex post* de emisiones evitadas por deforestación se realiza periódicamente según se haya definido en el documento del proyecto o acción dirigida.

6.1.5 Procedimiento para el cálculo *ex post* del contenido de CO₂ en los reservorios bajo escenario de proyecto o acción dirigida.

Se debe desarrollar la información documental del proyecto o acción dirigida, la cual debe ser presentada por el proponente para ser verificada interna y externamente durante la implementación del proyecto. Para el cálculo *ex post* del contenido de CO₂ en los reservorios bajo escenario de proyecto, se debe utilizar información primaria de los contenidos de biomasa por tipo de bosque considerando zonas de vida, estado sucesional del bosque y asumiendo una tasa de deforestación bruta igual a cero bajo el escenario del proyecto o acción dirigida.

6.1.5.1 Metodología de *ex post* para el cálculo de contenidos de biomasa bajo escenario del proyecto o acción dirigida.

a) Se debe describir las actividades de conservación y/o protección del bosque bajo el escenario del proyecto o acción dirigida, incluyendo tipo de actividades y área correspondiente, según se presenta en la tabla 12, Anexo A.

Periodo para el cual se hace el cálculo de emisiones evitadas: Fecha: Inicial (t₁), Fecha: Final (t₂)

b) Se debe utilizar los mismos reservorios definidos en el procedimiento *ex ante*, apartado 5.2.2.1, inciso b. Los reservorios definidos deben ser iguales a los que se establecieron bajo el escenario de línea base.

c) Se debe estratificar la población según variaciones en los reservorios bajo el escenario del proyecto o acción dirigida y para cada estrato definir los contenidos de biomasa según los reservorios definidos, así como la tasa de incremento medio de biomasa en el caso que corresponda.

d) Se debe calcular el contenido de CO₂ en la biomasa viva bajo el escenario del proyecto o acción dirigida para cada año de duración del mismo y para cada estrato definido en el inciso c).

e) Para cada evento de medición o evaluación (t₁ y t₂) se debe calcular los contenidos de carbono (C_i en toneladas de C) igual a la suma de los totales de C de cada uno de los reservorios escogidos en el inciso b y conforme a lo descrito del inciso f al inciso p de este apartado 6.2.5.1.

f) Se debe definir la población a inventariar y calcular su área (en ha), la unidad de muestreo a utilizar, forma y tamaño de parcela a_i (en ha) cuando corresponda, y la población de unidades de muestreo (marco de muestreo y N). Explicar los procedimientos de cálculo de área, ya sea levantamiento topográfico de campo (estación total, o brújula, cinta, y clinómetro), GPS o medición en fotografías aéreas o imágenes de satélite, considerando la temporalidad de las mismas y su consecuencia con el periodo de reporte.

NOTA 1. Se recomienda usar parcelas circulares de un área 500 m² ($a_i = 0,05$ ha) y un radio= 12,62 m con corrección de distancia por pendiente, distribuidas sistemáticamente en el área o estratos definidos en el apartado 5.1.2.4, inciso b).

NOTA 2. Para el uso de GPS para cálculo de áreas se debe asegurar que no existan barreras físicas o cobertura boscosa que disminuyan la precisión del instrumento.

NOTA 3. En caso de sistemas agroforestales o áreas pequeñas se puede calcular el carbono total en cada evento de medición y calcular las remociones de acuerdo con la ecuación (2).

g) Se debe estratificar la población de unidades de muestreo según variaciones en los reservorios incluidos en los apartados 6.2.5.1 y 6.2.5.2 para cada estrato definir tipo de actividad de conservación, código de estrato, área del estrato (A_i en ha), número de unidades de muestreo en el estrato ($N_i =$ tamaño de cada estrato o $N_i = A_i/a_i$), y donde N es igual a la suma de N_i de $i=1$ a M), conforme a la tabla 14, Anexo A.

h) Se debe calcular el tamaño de la muestra (n_i) para cada estrato descrito en el paso b) (donde n es el tamaño de muestra total, y es igual a la suma de los tamaños de muestra de cada estrato). Para distribuir la muestra en los estratos debe utilizarse una distribución proporcional al tamaño de estrato (N_i). Asuma un tamaño de muestra mínima por estrato de 3, y utilice las siguientes ecuaciones (33, 34 y 35):

$$n = \frac{(1,96)^2 * (CV\%)^2}{(\%E)^2 + \frac{(1,96)^2 * (CV\%)^2}{N}} \quad (33)$$

$$n_i = n * \frac{A_i}{A_T} \quad (34)$$

$$Si \rightarrow n_i < 3 \rightarrow entonces \rightarrow n_i = 3 \quad (35)$$

Donde:

i = 1, 2, 3, ... M estratos

1,96 = estadístico de distribución t-student dos colas al 95% de confiabilidad, grados de libertad $n > 30$

% E = error permitido máximo en porcentaje ($\pm 20\%$ de la media en área basal)

CV % = coeficiente de variación estimado para la población (%); igual a la desviación estándar entre el promedio multiplicado por 100.

N = Tamaño de la población igual al área total (A_t) de la población dividido entre tamaño de la parcela de muestreo (a_1) ambas en hectáreas.

n_i = Tamaño de muestra en el estrato i . Si $n_i < 3$, $n_i = 3$.

n = Tamaño de muestra total

A_i = área del estrato i en hectáreas

A_t = área total de la población en hectáreas

q) Se debe realizar las mediciones de campo en las parcelas de muestro para calcular en cada una de ellas el carbono por hectárea en cada estrato (Ci). Si solo escogió biomasa viva en el apartado **5.2.5.2**, debe medir las variables dasométricas básicas de cada uno de los árboles en cada parcela de cada estrato i. Se debe documentar la selección del diámetro mínimo de medición, y ejecutar la medición del diámetro a 1,30 metros de altura según el diámetro mínimo seleccionado. Asimismo, se debe determinar la especie, estimar la altura total de todos los árboles en la parcela, y medir con un clinómetro u otro instrumento la altura total en al menos una muestra del 10 % de los árboles en la parcela, escogiendo sistemáticamente 1 de cada diez árboles dentro de la parcela. Véase páginas 19-49 de la referencia bibliográfica N° [3].

i) Se debe calcular el carbono de la biomasa viva de cada parcela usando uno de los dos métodos recomendados por el IPCC Good Practice Guidance for LULUCF dependiendo de la disponibilidad de ecuaciones de biomasa o de volumen utilizables a nivel nacional para cada especie.

– **Método Directo:** Usando ecuaciones alométricas de biomasa. Si existen ecuaciones de biomasa locales calcule para cada árbol en la parcela su biomasa arriba del suelo. Si además existen ecuaciones biomasa abajo del suelo se debe calcular esta biomasa para cada árbol, y se debe calcular la biomasa viva por parcela, sumando la biomasa arriba y abajo del suelo de cada árbol en la parcela, y extrapole la biomasa por parcela a biomasa por hectárea.

– Si no existe ecuaciones de biomasa abajo del suelo por árbol, se debe calcular la biomasa arriba del suelo por parcela extrapolada a hectárea, y luego utilice una razón de tallo/raíz (R/S) para calcular biomasa abajo del suelo usando el procedimiento de Cairns et al (1997).

– **Método Indirecto.** Se debe usar ecuaciones de volumen de tallo para calcular volumen/parcela. Luego use densidad promedio de la madera y factores de expansión de volumen del tallo (BEF_2) para estimar biomasa viva arriba del suelo/parcela. Utilice una razón de tallo/raíz (R/S) para calcular biomasa abajo del suelo. Se pueden encontrar las relaciones tallo/raíz (R/S) en la referencia bibliográfica; N° [2] y en la Tabla 4.A.4 de la referencia bibliográfica; N° [1].

j) Una vez calcula la biomasa viva de cada parcela (en toneladas de bs/ha), se debe calcular la biomasa viva promedio para cada estrato (en toneladas bsi/ha), su desviación estándar (en toneladas de bsi/ha), y el total de biomasa seca en cada estrato (toneladas bsi), así como su correspondiente total de carbono (en toneladas de Ci), el error de muestreo en % y los límites de confianza al 95% de confiabilidad. El total de biomasa seca en un estrato es igual al promedio de biomasa seca en el estrato multiplicado por el área del estrato (A_i), y el total de carbono en el estrato es igual al total de biomasa seca multiplicado por la fracción de carbono promedio para las especies en el estrato (CF_i , valor por omisión en promedio es 0,5). Los resultados del cálculo de biomasa viva y de carbono por estrato se deben presentar como lo muestra tabla 4.

k) Finalmente se debe calcular el carbono total (Ct) en un evento de medición dado (t_1 o t_2). Este es igual a la suma de los totales de carbono en cada estrato calculados en el apartado **6.1.5.1**, inciso f).

l) Si además escogió biomasa muerta en el apartado **6.1.3.1**, se debe usar el procedimiento establecido en el apartado 4.3.3.5.3 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela).

m) Si además escogió biomasa de mantillo en el apartado **6.1.3.1**, se debe usar el procedimiento establecido en el apartado 4.3.3.5.3 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela).

n) Si además escogió biomasa de vegetación arbustiva y herbácea en el apartado **6.1.3.1** se debe usar el procedimiento establecido en los apartados 4.3.3.5.1 y 4.3.3.5.2 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela).

o) Si además escogió carbono en el suelo en el apartado **6.1.3.1**, proceda a usar el procedimiento establecido en el apartado 4.3.3.5.4 de la referencia bibliográfica N° [1], en cada unidad de muestreo (parcela).

6.1.5.2 Metodología para el cálculo *ex post* de emisiones de GEI debidas al proyecto o acción dirigida.

Para el cálculo de emisiones debidas al proyecto se deben utilizar los factores de emisión emitidos por el IMN y las metodologías aprobadas por el IPCC, se debe hacer un cálculo por año de duración del proyecto y se deben considerar al menos las fuentes de emisiones directas e indirectas. Para cálculos *ex post* se deben usar los registros reales de consumo por cada fuente de emisión, según la tabla 8, Anexo A.

6.2.5.3 Resultados

a) Para un periodo de evaluación dado, las emisiones evitadas antropogénicas netas es igual a la comparación de la estimación contenido de CO₂ en los reservorios bajo escenario de proyecto o acción dirigida en un evento de medición (t1), menos el contenido de CO₂ en los reservorios bajo escenario de línea base al mismo momento (t1), menos la estimación de otras emisiones CO₂ debidas al proyecto o acción dirigida.

7 CORRESPONDENCIA

Este documento normativo no es equivalente con ninguna norma técnica internacional, por no existir concordancia sobre el tema tratado en la misma al momento de elaborar la presente.

ANEXO A

TABLAS A UTILIZAR PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA

Tabla 1. Área total del proyecto distribuida por tipo de actividad de reforestación

Actividad	AREA (ha)
Plantaciones forestales	
Regeneración natural asistida	
Sistemas Agroforestales	
Bosque secundario	
Total	
NOTA. En caso de sistemas agroforestales se puede especificar el número de árboles.	

Tabla 2 .Selección y justificación de los reservorios incluidos en el inventario de remociones

Reservorio	Selección (Si/No)	Justificación o explicación de escogencia
Biomasa arriba del suelo		
Biomasa debajo de suelo		
Biomasa muerta		
Mantillo		
Carbono orgánico en suelo		

Tabla 3. Descripción de la población según actividad de reforestación y estrato de muestreo

Actividad	Estrato (código)	Descripción (Ejemplos)	Área del estrato (en ha)	del (Ai)	Tamaño del estrato (Ni= Ai/ai)
Plantaciones forestales		(Especie y edad)			
Regeneración natural asistida		(Tipo de bosque y estado sucesional)			
Sistemas Agroforestales		(Sistema, especie y edad)			
TOTAL					

Tabla 4. Cálculo del carbono total y total por estrato para un evento de medición.

Código estrato	Área (ha)	Biomasa viva promedio por hectárea (tons Bs/ha)	Fracción de Carbono para el estrato	Carbono promedio por hectárea de la biomasa viva (tons C/ha) ¹	Carbono total en el estrato (tons C) ²
Estrato 1					
Estrato 2					
Estrato n+1					
Total					
NOTAS					
¹ Carbono promedio por hectárea de la biomasa viva se debe calcular como la multiplicación de la Biomasa viva promedio por hectárea por la Fracción de Carbono para el estrato.					
² El Carbono total se debe calcular como la multiplicación del área del estrato por el Carbono promedio por hectárea de la biomasa viva.					

Tabla 5. Área total del proyecto distribuida por tipo de actividad bajo el escenario de línea base

Actividades	AREA (ha)
Total	

Tabla 6. Formato para registro de datos a coleccionar y archivar para el cálculo de remociones.

Código de estrato	Área (ha)	$I_{v,it}$	D_i	FEB_1	R_i	CF_i	ΔCO_2

Tabla 7. Formato de datos a coleccionar y archivar para el cálculo de pérdidas.

Código de estrato	Área (ha)	H_{it}	D_i	FEB_2	H_{fw}	CF_i	BH_{it}	ΔCO_2 $L_{,it}$

Tabla 8. Guía para el cálculo de emisiones debidas al proyecto según la metodología a utilizar.

Fuente de emisión	Condición	Metodología a usar	Observaciones
Emisiones directas:			
Flotilla vehicular	obligatorio	IPCC / IMN	
Equipos menores	obligatorio	IPCC / IMN	
Uso de fertilizantes nitrogenados	obligatorio	IPCC / IMN	
Preparación / Movimiento de terreno	opcional	IPCC / IMN	
Pérdida de gas refrigerante en aire acondicionado	opcional	IPCC / IMN	
Quema de biomasa	obligatorio	IPCC / IMN	
Ganadería / Proceso digestivo / Ganado vacuno	opcional	IPCC / IMN	
Residuos sólidos	opcional	IPCC / IMN	
Emisiones indirectas:			
Electricidad consumida (térmica)	opcional	IMN	
Transporte aéreo	opcional	DEFRA / WRI	

Tabla 9. Cantidad estimada de las remociones antropogénicas netas GEI, durante el periodo del proyecto.

Año	Estimación de remociones netas bajo el escenario del proyecto (tons CO ₂ -e)	Estimación de remociones netas bajo el escenario de línea base (tons CO ₂ -e)	Estimación de emisiones debidas al proyecto (tons CO ₂ -e)	Estimación de remociones antropogénicas netas de GEI (tons CO ₂ -e)
2007				
2008				
2009				
2010				
2011				

Tabla 10. Área total del proyecto distribuida por tipo de actividad bajo el escenario de línea base

Actividades	AREA (ha)	Tasa de deforestación
Total		

Tabla 11. Formato para el cálculo de pérdidas de biomasa bajo escenario de línea base.

Código de estrato	A _i (ha)	FC	D _i	B _i (t/ha)

Tabla 12. Área total del proyecto distribuida por tipo de actividad bajo el escenario del proyecto o acción dirigida.

Actividades	AREA (ha)
Total	

Tabla 13. Formato para el cálculo de contenidos de biomasa bajo escenario de proyecto o acción dirigida.

Código de estrato	A _i (ha)	FC	G _i	B _i (t/ha)

Tabla 14. Descripción de la población según actividad de deforestación/degradación evitada del bosque y estrato de muestreo

Actividad	Estrato (código)	Descripción	Área del estrato (A _i) (en ha)	Tamaño del estrato (N _i = A _i /a _i)
Manejo forestal sostenible.				
Manejo de bosques secundarios.				
Protección de bosque				
TOTAL				

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS))
- [2] Cairns, M. A., S. Brown, E. H. Helmer, and G. A. Baumgardner. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecología* 111, 1-11
- [3] Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac) – Programa REDD-CCAD-GIZ, 2014. Manual de campo para el inventario forestal nacional de Costa Rica: Diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas. Preparado por Jorge Fallas – consultor para el Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/ CCAD/GIZ). San José, Costa Rica. 74 p