

# Análisis de Ciclo de Vida del Proyecto “Sustitución de 330 000 Refrigeradoras a Cargo del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable”

D. Túqueres

*Ministerio de Electricidad y Energía Renovable -MEER*

**Resumen**— La refrigeración de alimentos representa el 30% del consumo eléctrico [1] en un hogar, motivo por el cual su renovación por equipos eficientes representa una disminución de demanda de electricidad significativa para el Ecuador. Este proyecto es una iniciativa de la Dirección Nacional de Eficiencia Energética para los años 2012-2016.

Este estudio presenta la cuantificación de los flujos energéticos y materiales tanto positivos como negativos usando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), a través de un software especializado donde se realiza el modelamiento de todos los procesos de inicio a fin (“de la cuna a la tumba”) los cuales incluyen la fabricación, transporte, uso a lo largo de la vida útil, chatarrización de las refrigeradoras obsoletas y disposición final de las nuevas después de 10 años; finalmente se realiza una comparación entre los escenarios con y sin proyecto tomando en cuenta la matriz energética 2011 para determinar los impactos energéticos y ambientales a través de las 11 categorías de impacto propuestas por la metodología.

**Palabras clave** — Análisis de Ciclo de Vida, Eficiencia Energética, Impacto ambiental.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable -MEER en su afán de promover la eficiencia energética y disminuir el consumo eléctrico de aparatos ineficientes, se encuentra ejecutando el proyecto de Sustitución de 330 000 refrigeradoras, por equipos nuevos de clase A y de fabricación nacional.

### 1.1. Proyecto de Sustitución de 330 000 Refrigeradoras

El proyecto ha sido diseñado conforme los lineamientos de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo -SENPLADES y su metodología para la priorización y pronunciamiento favorable del mismo.

El proyecto es ejecutado directamente por cada Empresa Eléctrica Distribuidora a nivel nacional,

mismas que están encargadas de seleccionar y priorizar a los beneficiarios potenciales del proyecto ya que existen requisitos que se debe cumplir para poder aplicar al proyecto. La ejecución está planificada para 5 años de proyecto y su distribución por Área de concesión se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Distribución de refrigeradoras

Empresa Eléctrica	Refrigeradoras (u.)
Ambato	14 000
Azogues	2 000
CNEL Bolívar	3 000
Centro Sur	21 000
Cotopaxi	7 000
Norte	14 000
Quito	59 000
Riobamba	14 000
Sur	10 000
Guayaquil	48 000
CNEL El Oro	21 000
CNEL Esmeraldas	11 000
CNEL Guayas los Ríos	26 000
CNEL Los Ríos	10 000
CNEL Manabí	24 000
CNEL Milagro	13 000
CNEL Sta. Elena	10 000
CNEL Sto. Domingo	15 000
Galápagos	3 000
CNEL Sucumbios	5 000
<b>TOTAL</b>	<b>330 000</b>

### 1.2. Análisis de Ciclo de Vida

La metodología de ACV es la mejor forma de analizar los productos y/o servicios desde el punto de vista ambiental y energético sin límites geográficos, funcionales o temporales, ya que se examinan todos los procesos. De este modo, se pueden evaluar y comparar tecnologías alternativas, considerando todas sus etapas del ciclo de vida. [2]

Hay que tener en cuenta que el mayor impacto ambiental y/o energético de un producto no siempre se produce durante su fabricación. Frecuentemente el mayor impacto está en las etapas de distribución, uso y mantenimiento del producto, así como el tratamiento de sus residuos cuando el producto llega al final de su vida útil. [2]

La norma ISO 14040:1997 nos refleja que el análisis del ciclo de vida debe incluir la definición de la meta y el alcance, el análisis del inventario, la evaluación del impacto y la interpretación de los resultados, como se ilustra en la Figura 1.

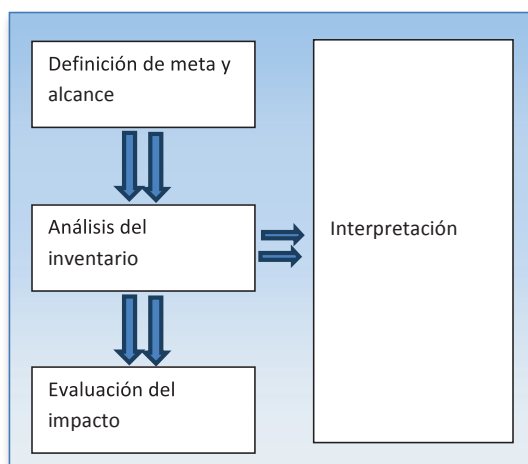


Figura 1: Fases principales de un estudio de ACV

## 2. CICLO DE VIDA DE LA SUSTITUCIÓN DE 330 000 REFRIGERADORAS INEFICIENTES

### 2.1. Meta

Cuantificar el impacto energético y ambiental en los materiales, producción, Transporte, uso y disposición final de las 330 000 refrigeradoras con clasificación A de eficiencia energética mediante la metodología de Análisis de Ciclo de Vida.

### 2.2. Alcance

Comprende el Análisis del Impacto de Ciclo de Vida en el ensamblado y distribución de las 330 000 refrigeradoras según la metodología y proceso diseñado en el Proyecto, esto incluye:

- Fabricación de las nuevas refrigeradoras.
- El transporte tanto de la nueva refrigeradora a los centros de distribución como el de la ineficiente a los gestores ambientales.
- El Proceso de Disposición final de las refrigeradoras ineficientes, el cual incluye la chatarrización y recuperación de los gases refrigerantes.

- La vida útil del nuevo producto.
- La Disposición final de la refrigeradora después de su tiempo de vida útil.

Todo lo anterior tomando en cuenta los flujos de materiales y energía desde y hacia el medio ambiente, siendo estos los insumos materiales y los desechos emitidos al aire, agua, suelo, etc.

### 2.3. Función del Sistema

Sustituir 330 000 refrigeradoras ineficientes a nivel nacional. No se valorará cuestiones subjetivas como la estética o calidad de servicio (siempre y cuando no tenga que ver con el consumo de más materiales y/o energía).

### 2.4. Unidad Funcional

La unidad funcional son las 330 000 refrigeradora tanto ineficientes como las nuevas de categoría A en eficiencia energética.

### 2.5. Sistema

El sistema se ha dividido en cinco grandes subsistemas acordes con los procesos cronológicos en los que se divide la ejecución del proyecto. Estos son:

- Proceso de Fabricación/Ensamblaje de las refrigeradoras
- Transporte a los centros de acopio en las distintas áreas de concesión de las Empresas Eléctricas del país.
- Chatarrización de las refrigeradoras ineficientes.
- Uso – Vida Útil (10 años).
- Disposición final de las refrigeradoras eficientes.

### 2.6. Límites del Sistema

Se considera el campo de acción del proyecto como se lo ilustra en la Figura 2. Queda excluido el proceso de extracción de las materias primas para la producción de partes y piezas importadas mas no para las materias primas usadas en la fabricación. Para todos los demás procesos se considerarán los flujos de materiales y energía.

Además, para todos los procesos se considerarán las siguientes reglas de corte:

- Componentes de peso menor al 2% del peso final total del producto, exceptuando el gas refrigerante.
- No se considerarán aquellos componentes que contribuyan con un valor económico inferior al 5% del total.

- No se considerarán etapas que contribuyan con menos del 1% al análisis de inventario o relevancia ambiental.

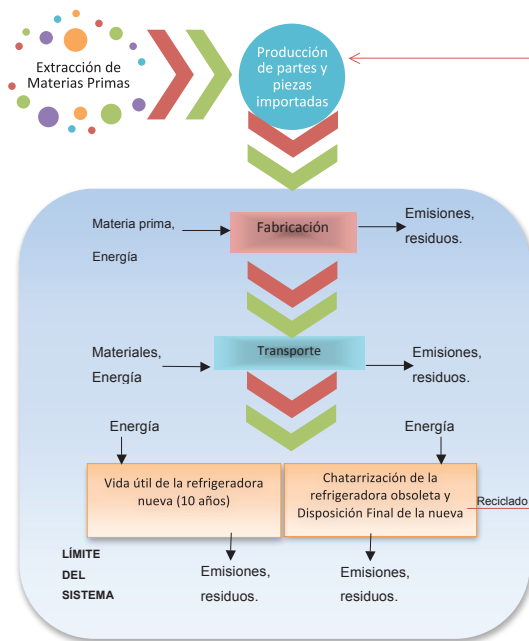


Figura 2: Límite del Sistema

## 2.7. Metodología de Evaluación del Impacto

Para el Sistema a estudiar, se emplearán bases de datos europeas y norteamericanas a través de un software especializado para este tipo de análisis.

## 2.8. Requisitos de calidad de los datos

Este es el primer estudio de Análisis de Ciclo de Vida para un proyecto de alcance nacional como lo es la sustitución de refrigeradoras ineficiente en Ecuador. Los datos se basan en mediciones e información disponible por los fabricantes y gestores ambientales.

El software posee numerosas bases de datos para realizar el análisis, son datos con excelente reputación y han sido usadas por un sin número de estudios a nivel mundial; en el ámbito geográfico, se considerarán datos de referencia global; en el ámbito temporal, se aceptarán datos de hasta 10 años atrás; y en el ámbito tecnológico, se referirá a un nivel medio.

Todos los datos referidos de las bases de datos se considerarán como verdaderos y aplicables para nuestro caso.

## 2.9. Hipótesis y Limitaciones

El flujo de trabajo planteado para el estudio se muestra en la Figura 3, y se han considerado las siguientes hipótesis generales:

Para identificar las entradas y las salidas de cada uno de los componentes del análisis del inventario, se han realizado hipótesis necesarias, que en cada apartado se irán detallando para la justificación del resultado.

La principal limitación es la accesibilidad de la información de los procesos que se manejan para la fabricación de las refrigeradoras.

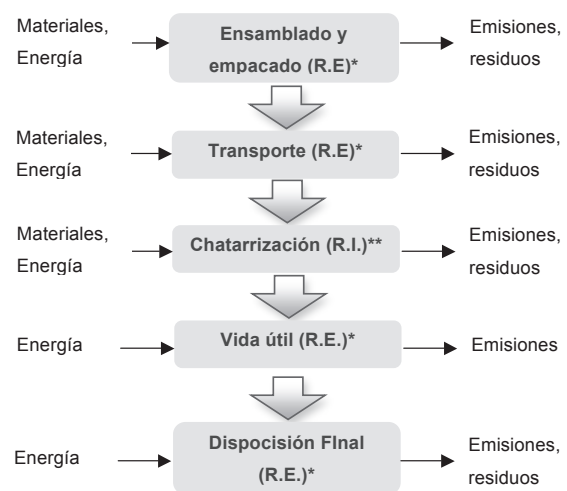


Figura 3: Flujo de Trabajo

\*R.E: Refrigeradora Eficiente \*\*R.I: Refrigeradora Ineficiente.

### 2.9.1. Energía Eléctrica en Ecuador

Para modelar la situación más cercana a la realidad, se ingresó en la base de datos del software el mix de generación ecuatoriano. Ver en la Figura 4 [3].

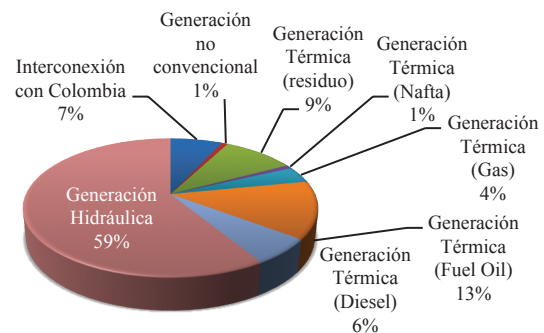


Figura 4: Estructura de Generación Bruta 2011

## 2.10. Análisis del Inventario<sup>1</sup>

El análisis se ha dividido en cinco partes bien diferenciadas. Ver la Figura 5.

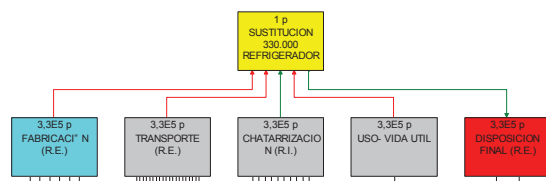


Figura 5: Estructura de procesos del Análisis del Inventario

### 2.10.1. Fabricación

Se realizó la cuantificación de toda la energía demandada por la línea de producción para la fabricación de la refrigeradora, así como la cuantificación del flujo de materiales requeridos. La línea de fabricación consta de los subprocesos:

- Fabricado
- Pre-tratamiento químico y Pintura
- Inyección de plásticos y Pre-ensamble
- Inyectado del aislante
- Ensamble
- Empacado

La energía eléctrica se la midió directamente de las líneas de corriente y los materiales y sus cantidades fueron proporcionados por el departamento de ingeniería de producto. En la Tabla 2 se resume el consumo eléctrico de todo el proceso de fabricación.

Tabla 2: Subprocesos de fabricación

PROCESO	Consumo Eléctrico (kWh)
Fabricado	1,4
Pre-tratamiento químico y Pintura	3,8
Inyección de plásticos y Pre-ensamble	19,4
Inyectado del aislante	1,1
Ensamble	4,1
Empacado	0
Compresores de aire	2,4
Iluminación	1,8
<b>TOTAL</b>	<b>34,0</b>

Los materiales usados y emisiones al ambiente se los describe en la Tabla 3 y Tabla 4 respectivamente.

Tabla 3: Materiales para fabricación

Material	Cantidad	Unidad
CRS	12,4	kg
High Gloss	4,4	kg
Galv.	1,1	kg
Aditivo 100	159,4	g
Agua	23,0	l
Prefos JP 100	9,9	g
Actibond	19,9	g
Bondex BR 100	74,7	g
Pintura en Polvo	99,6	g
ABS	8,1	kg
GPPS	1,4	kg
Isocianato	3,6	kg
Poliol	3,4	kg
Aluminio	1,8	kg
Cobre	1,5	kg
Acero	15	kg
Polipropileno	2,1	kg
Refrigerante 134a	0,1	kg
Caucho	1,5	kg
Cartón	5,2	kg
Poliestireno expandido	0,8	kg

Tabla 4: Emisiones materiales

Material	Cantidad	Unidad
CRS	0,5	kg
High Gloss	0,9	kg
Galv.	0,1	kg
Aditivo 100	59,8	g
Agua	4,6	l
Prefos JP 100	2,5	g
Bondex BR 100	29,9	g
Actibond	4,9	g

Para la etapa de pre-tratamiento químico y pintura, se consumen otros energéticos fósiles que se describen en la Tabla 5.

Tabla 5: Otros energéticos

Energético	Consumo (kWh)
Diesel	12,0
GLP	7,1

<sup>1</sup> Toda la cuantificación de materiales y energía se la realizó por unidad de refrigeradora para luego extrapolar a las 330 000.

### 2.10.2. Transporte

En la modelación del proceso de transporte, el software maneja como unidad de medida la tonelada-kilómetro (tkm), por lo tanto se debe calcular las tkm que se requieren para cada área de concesión. Se considera el transporte en camiones de 16 toneladas, los cuales van ocupados al 40% de ida, y vacíos en el regreso; además, cada refrigeradora empacada tiene un peso de 68 kg. Para el caso de Galápagos, el transporte se lo realiza por vía terrestre hasta el puerto de Guayaquil, para posteriormente enviar las refrigeradoras por vía marítima.

Tomando en cuenta las distancias a cada ciudad de almacenaje en cada área de concesión, se obtiene un valor total de 6 378 264 tkm.

### 2.10.3. Chatarización

La Directiva de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos clasifica a las refrigeradoras dentro del grupo de grandes electrodomésticos, y dentro de éste, analiza la composición promedio de materiales de refrigeradoras y congeladores, tal como se muestra en la Figura 6.

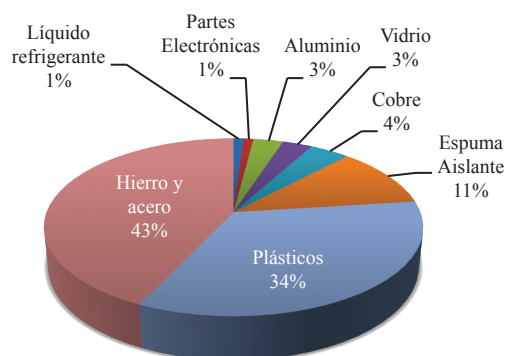


Figura 6: Composición de refrigeradoras y congeladores

Para los procesos de chatarrización, se identificaron los siguientes parámetros<sup>2</sup>:

- Peso promedio de los equipos obsoletos: 75 kg.
- Aprovechamiento para reciclaje: máximo 95%.
- El 5% se prevé como fin último el vertedero.
- Demanda de electricidad promedio: 15 kWh.

El modelado incluye el escenario del reciclado del 95% de los materiales conforme las bases de datos del software, en la Figura 7. Es importante resaltar que en dicho proceso también se recuperan los refrigerantes CFC que son tan nocivos para el medio ambiente.

Salidas conocidas a la tecnosfera. Residuos y emisiones para tratamiento			
Nombre	Cantidad	Unidad	Tratamiento de residuos
steel waste	30,64	kg	Recyding Ferro metals (EC)
copper waste	2,85	kg	Recyding Ferro metals (EC)
aluminium waste	2.14	kg	Recyding aluminium B250
plastic waste	24,23	kg	Recyding Plastics (EC)
electronic waste	0,71	kg	Landfill other materials
glass waste	2,14	kg	Recyding glass B250
isulation waste	7,84	kg	Recyding Plastics (EC)
waste	3.75	kg	Landfill other materials

Figura 7: Escenarios de reciclado

### 2.10.4. Uso – Vida Útil

El proyecto de Sustitución de Refrigeradoras toma en cuenta una vida útil tecnológica de las refrigeradoras eficientes de 10 años, ya que para entonces, dichas refrigeradoras serán obsoletas y con consumos promedio elevados considerando las nuevas tecnologías que se desarrollen a lo largo del tiempo.

No se considera ninguna entrada de materiales ya que las refrigeradoras no requieren de insumo alguno, todo material que se requiera para mantenimiento se ha depreciado debido a que no existe una cultura de cuidado y mantenimiento para los equipos de refrigeración en el sector doméstico.

Para este numeral, la única entrada es la energía que demanda durante su vida útil. Para el cálculo del consumo se debe seguir el procedimiento de la norma INEN RTE035:2009 [4].

La refrigeradora del proyecto cabe dentro de la clasificación “ST4\*\*” correspondiente a clima subtropical, Refrigerador sin escarcha con congelador superior y temperatura de referencia del compartimento de baja temperatura -12°C. Para esta clasificación, el reglamento establece consumos de referencia para realizar el etiquetado. Como ya se mencionó, la refrigeradora del programa debe ser de clasificación A, y para esta categoría de eficiencia energética la recta de consumo de referencia corresponde a la CER1:

<sup>2</sup> Considerados en función del proyecto de Sustitución de Neveras Ineficientes en Argentina.

$$CER1=0,53VA+205,88 \quad (1)$$

Como se muestra en (1), VA hace referencia al “volumen ajustado” y debe ser tomado como:

$$VA=V_{baf}+(V_{bcbt} \times FA) \quad (2)$$

Donde VA es el volumen ajustado, en litros;  $V_{baf}$  es el volumen bruto del compartimiento de alimentos frescos, en litros;  $V_{bcbt}$  es el volumen bruto del compartimiento de baja temperatura, en litros y FA es el factor de ajuste.

El factor de ajuste se lo calcula de la siguiente manera:

$$FA=\frac{(T_{cp}-T_{cbp})}{(T_{cp}-T_{caf})} \quad (3)$$

Donde  $T_{cp}$  es la temperatura del cuarto de pruebas;  $T_{cbp}$  es la temperatura de referencia del compartimiento de baja temperatura y  $T_{caf}$  es la temperatura de referencia del compartimiento de alimentos frescos. Las temperaturas de referencia se muestran en la Tabla 6.

Por lo tanto, evaluando (3) con los datos de la Tabla 6(ST\*\*), se obtiene un Factor de ajuste de 1,85. Con el factor de ajuste y (2), se calcula el Volumen ajustado de 288 litros.

Haciendo uso de la ecuación (1) de referencia de consumo CER1, se tiene que el límite máximo de consumo la refrigeradora clase A en eficiencia energética, es un consumo de 358,52 kWh/año

Considerando el funcionamiento de las 330 000 refrigeradoras a lo largo de 10 años, se tiene un total de consumo eléctrico de 1 183,12 GWh para el Uso – Vida Útil.

Tabla 6: Temperaturas de referencia

Clase de clima <sup>3</sup>	Temperatura del local de ensayo (°C)	Temperatura de referencia del compartimiento de baja temperatura (°C)			Temperatura de referencia del compartimiento de alimentos frescos, (°C)
		*	**	***	
ST	+ 25	-6	-12	-18	+5
T	+ 32				

3 ST: Subtropical; T: Tropical

## 2.10.5. Disposición Final

Este proceso iniciará a partir del año 2022 con la consideración de una vida útil de 10 años para el proyecto. Se lo modelará en función a todos los materiales usados en el proceso de fabricación ya que así lo identifica el software; por lo tanto lo que se debe definir únicamente son los escenarios de residuos, mismos que serán de reciclaje el 95% y de vertedero el 5%. Además, no se realizarán desensambles de los equipos obsoletos ni tampoco reúso de las partes y piezas ya que la tecnología es de baja eficiencia.

## 2.11. Evaluación de los Impactos del Ciclo de Vida

En este punto se evaluará la importancia de los potenciales impactos ambientales a partir de los resultados del análisis del inventario de ciclo de vida. En este proceso, para cada dato del inventario (emisiones gaseosas, vertidos, etc.), se evalúa el impacto ambiental potencial que produce y se cuantifica.

### 2.11.1. Clasificación

El método elegido para realizar el análisis es el Eco-indicador '99 – Perspectiva Jerárquica (H) ya que es el más usado actualmente debido a que es la ponderación media del grupo de expertos que ha elaborado el método. En la Figura 8 se muestran las categorías de impacto, agrupadas por categorías de daño, que van a ser consideradas para este estudio.

Salud Humana (DALY)	Calidad del Ecosistema (PDF m <sup>2</sup> año)	Recursos (MJ excedentes)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sustancias Cancerígenas</li> <li>Orgánicos Respirados</li> <li>Inorgánicos respirados</li> <li>Cambio Climático</li> <li>Radiación</li> <li>Capa de Ozono</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecotoxicidad</li> <li>Acidificación-</li> <li>Eutrofización.</li> <li>Uso del terreno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Combustibles fósiles</li> <li>Minerales</li> </ul>

Figura 8: Categorías de daño<sup>4</sup>

4 DALY: Suma de los años de vida perdidos por mortalidad prematura y los años de vida productiva perdidos por incapacidad.  
PDF\* m<sup>2</sup>yr: Fracción potencialmente desaparecida.  
PAF\*m2yr: Fracción potencialmente afectada  
MJ: Requerimiento adicional de energía para extraer los recursos minerales en el futuro.

## 2.11.2. Caracterización

En el procedimiento de caracterización, del total de 615 sustancias emitidas, el método Ecoindicador '99 toma en cuenta 167 sustancias donde sus unidades son convertidas en función de la categoría de impacto que se encuentren.

En la Tabla 7 se muestran los resultados de este procedimiento realizado en el software.

Tabla 7: Cuantificación por categorías de impacto

Cat. de impac.	Unidad	Fabric.	Transp.	Chat.	Uso	Disp. Final
Carcinog.	DALY	2,4	0,2	0,7	34,0	-2,4
Resp. Organ.	DALY	0,4	0,1	-0,5	0,7	-0,4
Resp. Inor.	DALY	67,6	12,1	-16,2	193,0	-12,6
Cambio Climático	DALY	14,6	1,5	-8,1	50,0	-0,6
Radiación	DALY	0,1	0	0	0	0
Capa de Oz.	DALY	0	0	-0,1	0,2	0
Ecotoxicidad	PAF* m2yr	5,2E6	3,9E5	39,2E5	1,1E8	4,7E5
Acidificación/ Eutrofización	PDF* m2yr	12,5E5	7,3E5	-6,1E5	5,7E6	-4,2E5
Uso de Tierra	PDF* m2yr	2,6E5	0	-0,1E5	0,2E5	6,1E5
Minerales	MJ	19,4E6	0	-1,8E6	0,9E5	-1,5E6
Combust. Fósiles	MJ	98,7E6	13,7E6	-1,3E8	4,5E8	-7,5E7

Cabe indicar, que los valores negativos de la Tabla 7, corresponden a beneficios hacia el medioambiente, éste tiene mucho sentido ya que corresponden a los procesos de chatarrización y disposición final, mismos que incluyen subprocesos de reciclado de materiales.

## 2.11.3. Normalización

Para comprender mejor la magnitud relativa de los indicadores numéricos de la caracterización, se realiza el proceso de normalización con los factores descritos en la Tabla 8.

Tabla 8: Factores de normalización para la perspectiva H

Categoría de daño	Factor
Salud Humana	65,10
Calidad del Ecosistema	1,95E-4
Recursos	1,19E-4

De esta manera, se obtienen los resultados adimensionales que se pueden comparar entre sí, y son mostrados en la Figura 9 según las categorías de impacto.

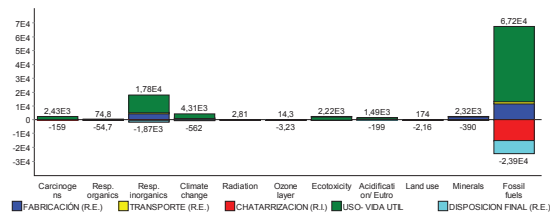


Figura 9: Normalización – categorías de impacto

## 2.11.4. Ponderación

En el proceso de ponderación se usan los factores de la Tabla 9, mismos que dan mayor importancia a Salud Humana y a la Calidad del Ecosistema (según la metodología elegida).

Tabla 9: Factores de ponderación para la perspectiva H

Categoría de daño	Factor
Salud Humana	400
Calidad del Ecosistema	400
Recursos	200

De esta manera, se obtiene como resultado la cuantificación de los impactos en puntos (Pt)<sup>5</sup>, mismos que se muestran en la Figura 10 según las categorías de impacto.

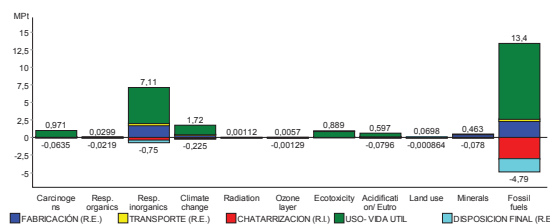


Figura 10: Ponderación – categorías de impacto

## 3. INTERPRETACIÓN LOS RESULTADOS

Todo el proceso de evaluación de ciclo de vida, se concluye en la fase de ponderación, donde se pueden comparar directamente y en la misma unidad todos los procesos involucrados. Analizando la Figura 9 y la Figura 10, se observa que existen valores positivos y negativos los cuales sumados algebraicamente dan como resultado el 100% del impacto.

Los procesos de Fabricación, Transporte y Uso – Vida útil son los que contribuyen con el deterioro del ambiente en general; por otro lado, los procesos de Chatarrización y Disposición Final contribuyen a disminuir los impactos y daños al mismo por sus procesos de reciclado de materiales.

<sup>5</sup> Un punto es la representación de la centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano medio europeo y resulta de dividir la carga ambiental total en Europa entre el número de habitantes y multiplicándolo por 1000 (factor de escala)

Para realizar una comparación de cada proceso, en la Figura 11 se muestra la cuantificación de cada proceso por categoría de impacto.

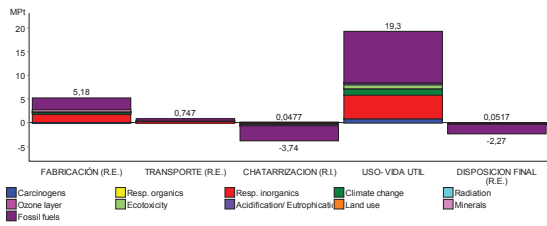


Figura 11: Puntuación única por proceso – categorías de impacto

La fase de Uso- Vida Útil causa el 99,9% de los impactos con 19,3 MPt, principalmente en las categorías de Combustibles fósiles (55,8%) e Inorgánicos Respirados (26,1%) debido principalmente a la contribución de generación eléctrica térmica con derivados de petróleo, la cual representa alrededor de un 25% de la generación total en el Ecuador.

Si analizamos más particularmente los subprocesos del Uso de Vida, el resultado de contribución se muestra en la Figura 12, donde claramente se observa que en este proceso el 92,3% de la contribución se debe a la generación nacional de electricidad con combustibles derivados del petróleo.

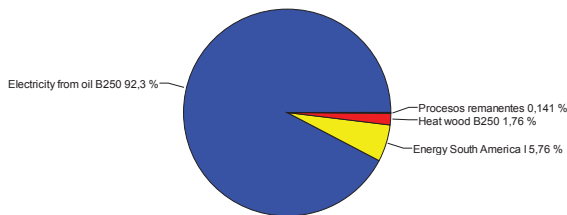


Figura 12: Contribución de subprocesos de Uso- Vida Útil

Seguido al Uso- Vida-Útil, la Fabricación también conlleva un alto impacto, un 26,9% del total principalmente sobre las categorías de Combustibles Fósiles (12,2%) e Inorgánicos respirados (9,13%). Si realizamos un análisis más detallando, en la Figura 13 se muestra que el uso de Acero (22,7%), los plásticos ABS (18,3) y GPPS (5%), cobre (13,4) y compuestos para la espuma aislante (16,6%) contribuyen con más del 70% de los impactos en el proceso de fabricación.

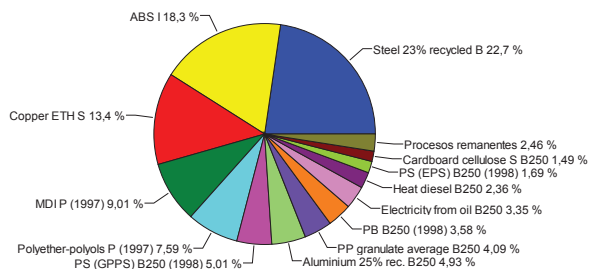


Figura 13: Contribución de los subprocesos de fabricación

Considerando únicamente el impacto energético, se tiene que el proyecto demanda un total 1355,5 GWh de energía, de los cuales 1255,2 corresponde a energía eléctrica del mix ecuatoriano de generación, mismo que equivale al 6,7% de la producción bruta de energía del año 2011<sup>6</sup>.

### 3.1. Escenario Alternativo

Una vez que se ha cuantificado los impactos ambientales y energéticos, nos queda comparar los escenarios con y sin proyecto. El escenario sin proyecto Figura 14 únicamente incluye los procesos de Uso de Vida Útil de 10 años para las refrigeradoras ineficientes que seguirán trabajando y un proceso de Botadero ya que las refrigeradoras ineficientes, después de 10 años más, difícilmente serán dispuestas adecuadamente, lo que conlleva a que los CFC's se liberen directamente al ambiente.

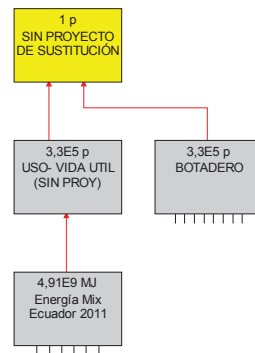


Figura 14: Modelo del escenario sin proyecto

Las etapas de caracterización, normalización y ponderación del escenario Sin Proyecto, son realizadas al igual que el proyecto de Sustitución inicial. Para fines de análisis, se comparan ambos escenarios en la fase de ponderación, ver en la Figura 15 en función de las categorías de impacto.

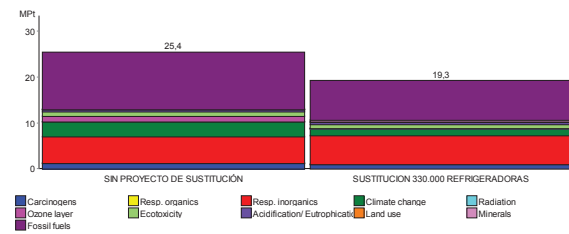


Figura 15: Puntuación de la comparación de los escenarios con y sin proyecto

Como se esperaba, el escenario sin proyecto contribuye mayoritariamente con los impactos ambientales. Analizando la Figura 15, se muestra que en la categoría de combustibles fósiles contribuye con 12,4 MPt en lugar de los 8,65 MPt del proyecto original debido a la mayor

<sup>6</sup> Tomado del Informe Anual del CENACE 2011 – Prod. Bruta de energía eléctrica: 18 732,33 GWh



demanda que existe de electricidad por parte de las refrigeradoras ineficientes y también porque no existen procesos de reciclado que disminuyen el uso futuro de combustibles fósiles para la fabricación de éstos.

Desde el punto de vista energético, se muestra que la cantidad de energía demanda es casi similar en ambos procesos (3% más en el escenario sin proyecto) debido a que en el escenario del proyecto, existe una demanda extra de energía en los procesos de fabricación que comparado con el escenario sin proyecto, éstos no existen.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La primera conclusión que es evidente, se refiere al impacto que aporta en general la generación de electricidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto (19,3MPt) mismo que si lo transformamos al impacto que genera un habitante europeo promedio, el proyecto es equivalente a la carga ambiental que producen 193 000 habitantes promedio en un año.

De la contribución ambiental total (19,3MPt), cada proceso aporta con: en el caso de Uso- Vida Útil con 99,9%, Fabricación con 26,9%, Transporte con 3,87%, Disposición Final con -11,5% y la Chatarrización con -19,2%; lo que concluye que el mix energético del Ecuador influye totalmente en los proyectos de sustitución de aparatos ineficientes.

Por el lado del impacto energético, se tiene una demanda total de 1 355,5 GWh a lo largo de todo el Ciclo de Vida del Proyecto, de los cuales el 92,6% corresponde a electricidad proveniente del mix de generación ecuatoriana, misma que equivale a un 6,7% de la producción bruta del año 2011.

En la comparación de la puntuación total de ambos escenarios, el costo ambiental por no realizar el proyecto es de 6,1 MPt, principalmente atribuible al consumo de combustibles fósiles, la liberación directa de los CFC a la atmósfera y también los impactos por los desechos causados que no son dispuestos apropiadamente.

#### AGRADECIMIENTOS

Al equipo de compañeros de la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética del MEER, en especial a Carlos Dávila por sus valiosos aportes en la metodología ACV.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CENTROSUR, «Estudio de Usos Finales en Guayaquil y Cuenca,» Ecuador, 2006.
- [2] A. Usón Aranda, El análisis del ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial, ISBN: 84-96169-74-X, España: FC Editorial, 2006.
- [3] Centro Nacional de Control de Energía, «Informe Anual,» Quito, Ecuador, 2011.
- [4] Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, «Reglamento Técnico Ecuatoriano: Eficiencia Energética en Artefactos de Refrigeración de Uso Doméstico. Reporte de Consumo de Energía y Etiquetado.,» Quito, Ecuador, 2009.



David S. Túqueres Granda.- Nació en Quito, Ecuador en 1988. Egresado de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejército en 2011. Colabora como Analista de Proyectos en la Dirección Nacional de Eficiencia Energética en el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable desde octubre de 2011.