

DESCARBONIZACIÓN DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA Y PETROQUÍMICA NACIONAL (IPPN) DESAFÍOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN LA AGENDA 2050

José Luis GARCÍA MARTÍNEZ-BARRUCHI¹

RESUMEN

En el trabajo se analiza (a) cómo los conceptos de la economía climática se estructuran a través de premisas de la teoría clásica del desarrollo, construida a partir de ideas, criterios y validación de experiencias asociadas al concepto de modernización de la economía; (b) se indaga acerca del diseño de políticas climáticas en Venezuela y su apoyo en el Sector Eléctrico Nacional (SEN), interpretando que los objetivos de la componente social de la Agenda 2030 precisan medidas de transformación de estructuras de gobierno y la institucionalidad del estado; y (c) se revisan oportunidades de financiamiento promoviendo el comercio de créditos de carbono. Medidas exigidas en la Agenda 2050 para adelantar la transición energética y satisfacer la estrategia del Desarrollo Humano Sostenible (DHS).

Como interés principal del trabajo se revisan características presentes en la IPPN, con criterio de comparación para adelantar procesos de descarbonización en la infraestructura energética industrial del país y como fuente de orientaciones a futuro: (a) medidas adoptadas por la industria global para adecuar procesos de refinación a la producción de combustibles de baja huella de carbono; (b) expectativas de reorientación de negocios de refinación de hidrocarburos, dirigidas a integración con la industria petroquímica en producción de insumos de alto valor de mercado, los polímeros sintéticos o plásticos; y (c) oportunidades que representan para el desarrollo de Venezuela el negocio de explotación de recursos de origen fósil, en mercados globales orientados a expandir la transición energética y la agenda climática en industrias, servicios y ámbitos comercial y residencial.

SUMMARY

The paper analyzes (a) how the concepts of climate economics are structured through premises of the classical theory of development, built from ideas, criteria and validation of experiences associated with the concept of modernization of the economy; (b) it investigates the design of climate policies in Venezuela and their support in the National Electricity Sector (SEN), interpreting that the objectives of the social component of the 2030 Agenda require implement certain politics dealings to transform government structures and the institutionality of the state; and (c) reviewing financing opportunities promoting carbon credit trading. Measures required in the 2050 Agenda to advance the energy transition and meet the Sustainable Human Development (DHS) strategy.

The main interest of the paper is to review characteristics present in the IPPN, with a criterion of comparison to advance decarbonization processes in the country's industrial energy infrastructure, and as a source of future guidance, appraising: (a) measures adopted by the global industry to adapt refining processes to the production of fuels with a low carbon footprint; (b) expectations of reorientation of hydrocarbon refining businesses, aimed at integration with the petrochemical industry in the production of inputs of high market value, synthetic polymers or plastics; and (c) opportunities for Venezuela's development from the business of exploiting fossil resources, in global markets aimed at expanding the energy transition and the climate agenda in industries, services, and commercial and residential areas.

Palabras clave: Transición energética, descarbonización, economía climática, industria hidrocarburífica nacional, integración refinería y petroquímica, The Tennessee Valley Authority.

Keywords: Energy transition, decarbonization, climate economy, national hydrocarbon industry, Refinery and petrochemical integration, The Tennessee Valley Authority.

SECCIÓN I ... Introducción y marco de referencia

El interés principal del presente trabajo es analizar cómo los actuales conceptos de la economía climática se estructuran a

través de premisas establecidas en la denominada teoría clásica del desarrollo, construida a partir de las ideas, criterios y la validación de experiencias asociadas al concepto de modernización de la economía. Concepto en el cual los

¹ Ingeniero Mecánico UCV-1976; MSc. Ingeniería Hidráulica UCV-1980 y MSc. Ingeniería Mecánica UCV-1980.
Correo-e: jlbarruchi@yahoo.com

esfuerzos de elaboración de teorías han estado dirigidos desde un principio a lograr elevar las tasas de crecimiento en los países: (a) por la vía de mejorar la productividad económica e (b) incrementar la acumulación de recursos de capital.

Y determinar, cómo los compromisos de los países, promovidos desde finales del pasado siglo XX y perfeccionados a través de diferentes Conferencias de Naciones Unidas encargadas de estructurar una política global asociada al desarrollo sostenible y la ampliación de las protecciones climáticas, han estado enfocados en fundamentar los criterios de operación de una economía climática asociada al interés de dinamizar oportunidades orientadas a desplegar instrumentos de mercado y normas regulatorias, que faciliten canalizar inversiones hacia los negocios de carácter ambiental. Negocios éstos, que permitan reducir preponderancia y sustituyan a los relacionados con la transformación de materias primas de origen fósil.

Es procedente sostener que estos criterios de operación han sido formados en base a unos mecanismos de mercado que, al presente, se muestran con amplia implementación en los países de economías desarrolladas y cuyo objetivo reside en consolidarse como unas prácticas potenciadoras de la transición energética, (a) conducentes a facilitar la movilización de importantes recursos financieros, y de igual manera, (b) afirmar los objetivos de unas políticas climáticas globales orientadas a cumplir las visiones de la Agenda 2030 y la Agenda 2050.

Esta primera sección finaliza en una indagación sobre las barreras que dificultan el desempeño de los procesos de transición energética en Latinoamérica y en la necesidad de disponer de apropiados mecanismos de gobierno que aseguren impulsar opciones de crecimiento económico orientadas a observar protecciones ambientales; afianzando el interés de implementar medidas tendientes a redireccionar la amplia infraestructura empresarial y el capital humano que se encuentran al presente, destinados a actividades extractivas y de procesamiento del capital natural de origen fósil. La expectativa general acerca de estos sectores de la economía regional, es que sean desplazados a medida que avance la transición energética prevista en la Agenda 2050 y se respalde alcanzar la visión de la calificada como condición de neutralidad climática (Aalto, 2023).

En el contexto de profunda crisis política y económica y los inmensos desequilibrios sociales que afectan a Venezuela, en la segunda sección del trabajo se revisan oportunidades de adelantar una política climática, interpretando que, los desafíos para alcanzar objetivos de la componente social de la Agenda 2030 en el nivel exigido en la transición energética para satisfacer la estrategia del Desarrollo Humano Sostenible (DHS), requieren de la implementación de extensas medidas de transformación de estructuras de gobierno y la institucionalidad del estado. Medidas que propicien cumplir las condiciones establecidas en los mecanismos de ayuda internacional y fuentes de financiamiento para desarrollar inversiones climáticas.

El interés principal del presente trabajo se expone con mayor detalle en la tercera y en la cuarta sección, en las cuales se analizan los impactos climáticos ocasionados por la alta huella de carbono generada en la infraestructura operacional de la industria petrolera y gasífera de Venezuela y se revisan, como elemento de comparación y fuente de orientaciones a futuro:

- (a) las medidas adoptadas por la industria global para adecuar los procesos de refinación actuales y destinarlos a producción de combustibles de baja huella de carbono;
- (b) las expectativas de reorientación de los negocios en la industria global de refinación de hidrocarburos dirigidas a la integración de operaciones con la industria petroquímica bajo el atractivo de incrementar la producción de polímeros sintéticos o plásticos, que son insumos de alto valor de mercado;
- (c) y las oportunidades que representan para el desarrollo de Venezuela estas acciones del negocio mundial de explotación de recursos de origen fósil, en el contexto de unos mercados globales orientados a cumplir la transición energética con nuevos productos dirigidos a propiciar que industrias, servicios y el sector residencial, observen los criterios y medidas de afianzamiento previstos para asegurar resultados positivos al ambiente y la agenda climática.

El concepto de modernización de la economía en las Doctrinas de Desarrollo Económico

Desde las primeras décadas del siglo XX, en la formulación de las Doctrinas del Desarrollo Económico (DDE)² y su influencia en la construcción de ámbitos de satisfacción del bienestar de la población de los países, es factible distinguir cómo el enfoque asumido ha estado orientado a la adopción de las claves de interpretación del sistema político organizado en las ideas del denominado pensamiento occidental; aunque al presente, se manifiesten retrocesos en su implementación.

Este sistema político, fundamentado en la organización de la vida social y política de acuerdo con lineamientos de las doctrinas y prácticas liberales, se expresa:

- (a) por un lado, en la operación del estado como agente impulsor y facilitador de la idea de ampliar los espacios de ejercicio de la democracia y abrir oportunidades o intervenir, para realizar ajustes dirigidos a reorientar el desempeño de la economía y mejorar niveles de crecimiento, cuando éstos sean necesarios para asegurar el libre funcionamiento de los mercados;
- (b) y por el otro, en afianzar el modelo capitalista de economía centrado en la libre apertura de los mercados (Latham, 1997) y que en la actualidad se

² Con mayor difusión las Doctrinas del Desarrollo Económico (DDE) son conocidas como teoría clásica del desarrollo.

articulan, alrededor de un tema de vital importancia para impulsar el crecimiento económico en un mundo globalizado bajo la condición de mantener los impulsos favorables propiciados al final del siglo XX, para construir las oportunidades de intercambio en unos mercados cada vez más interconectados.

No es apropiado considerar que la promoción de las DDE en base a prácticas liberales resida sólo en un producto de esfuerzos de guerra emprendidos por las Naciones Aliadas enfrentadas a los países integrantes del denominado Eje Alemania – Italia – Japón, cuando, a principios del año 1942, impulsaron la idea de establecer una organización supranacional vinculada a las naciones independientes y materializada en la Organización de las Naciones Unidas (ONU)³. Cuyas orientaciones, durante el período de postguerra, estarían dirigidas a dirimir las diferencias entre los países, adelantar políticas comunes en pro del crecimiento social y económico mundial y acometer iniciativas precisas de reconstrucción de las infraestructuras e impulso al crecimiento de las economías nacionales.

Al respecto sería oportuno considerar que la viabilidad de este sistema político se promueve con la intención de diferenciar y contraponer, con resultados socioeconómicos de rasgo positivo, a los modelos de gobierno basados en ideas totalitarias expresadas a lo largo el siglo XX; que a la fecha todavía en evidente observación de reflujo, no han podido ser erradicadas. Con el preciso interés de manifestar que, el peso ideológico de la democracia liberal y el modelo capitalista representan un factor resaltante en la construcción de democracias y en las mejoras de los niveles de vida de la población de los países.

Con ese interés de contraponer las ideas totalitarias de gobierno, el impulso de construcción de democracias se encontraba, y aún se encuentra orientado, a la definición del tipo de estado que debería adelantar las políticas y estrategias claves de desarrollo y que a su vez permitiese facilitar el establecimiento de las bases políticas y económicas que, en los años de entreguerras, confluye en las ideas y experiencias asociadas al concepto de modernización de la economía. Estos esfuerzos han estado dirigidos desde un principio a lograr crecimiento en los países por la vía de mejorar productividad económica e incrementar la acumulación de los recursos de capital; acciones adelantadas a través de incidir en la implementación de las innovaciones tecnológicas y agenciar

medidas de gobierno orientadas a expandir un mayor desarrollo científico.

El concepto de modernización promovido en el período de entreguerras se consolida con el objetivo de implantar, en los países, unas prácticas liberales enfocadas en fortalecer las instituciones democráticas. Adicionalmente, con el propósito paralelo de adelantar inversiones en industrias e infraestructura asociada que amplíen la producción de bienes y servicios, poder asegurar, con aperturas de mercados, el progreso y amplitud de las relaciones comerciales internacionales. Es decir, orientado con un carácter de política internacional y apertura de mercados, vigente a la fecha, que se aprecia con propiedad en la forma en la cual se acometen los programas de cooperación técnica adelantados por países de economía desarrollada.

Es conveniente comentar que el concepto de modernización se expande durante los años de entreguerras con las medidas y programas gubernamentales adelantados en los Estados Unidos (EEUU) y en los países de Europa, Japón o para ese momento, la Unión Soviética, con el interés principal de impulsar el crecimiento económico y la industrialización, e incidir en el aspecto social, con mejoras progresivas en los niveles de vida de la población. Unas decisiones políticas que se expresaban, con clara independencia, de si los gobiernos respondían al modelo liberal o al régimen de estado totalitario.

En los EEUU, desde años posteriores a la denominada como “Gran Depresión” sobrevenida en la década de 1920, los programas gubernamentales enfocados en difundir el concepto de modernización venían desplegando resultados positivos a través de la implementación de nuevas prácticas de gestión gubernamental; experimentadas con éxito en regiones al interno de ese país que mostraban un marcado rezago económico y social.

Como parte de la política conocida como “*New Deal*”, establecida para combatir los efectos de la “Gran Depresión”, con ese propósito y durante el primer gobierno de Franklin D. Roosevelt, se constituye en 1933 la corporación gubernamental denominada: Tennessee Valley Authority. Es decir, una empresa del estado⁴ – y en adelante referida por sus siglas en inglés, TVA – para, a través de los programas del Gobierno Federal convertirse en un instrumento canalizador

³ Esfuerzos que comenzaron a dar resultados a partir de la conocida como Conferencia de Dumbarton Oaks, de agosto de 1944, en la cual se negociaron acuerdos y formuló la estructura organizativa que permitieron el inicio y fundación de lo que vendría a denominarse: la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Estos acuerdos aseguraron, a final de junio de 1945, concluir la redacción del proyecto de la Carta de las Naciones Unidas. Posteriormente ratificada con la firma de los países participantes, en la denominada Conferencia de San Francisco del 24 de octubre de 1945; y en la cual fue oficializada formalmente la ONU. (Schlesinger, 2004 y ONU, 1945).

⁴ Actualmente es una empresa propiedad del estado que coloca en la bolsa de valores bonos y notas de descuento; como se establece en el documento denominado en inglés: “*TVA Reports First Quarter Fiscal Year 2023 Financial Results*” (TVA, 2023), la empresa denominada “...*The Tennessee Valley Authority is a corporate agency of the United States that provides electricity for business customers and local power companies serving nearly 10 million people in parts of seven southeastern states. TVA receives no taxpayer funding, deriving virtually all of its revenues from sales of electricity. In addition to operating and investing its revenues in its electric system, TVA provides flood control, navigation and land management for the Tennessee River system, and assists local power companies and state and local governments with economic development and job creation....*”

de inversiones en grandes infraestructuras hidráulicas centradas en desarrollar la navegación fluvial, los aprovechamientos hidroeléctricos, agrícolas y forestales y nueva infraestructura dotada de servicios suficientes para ubicar industrias, comercios y viviendas; a ser construida en los conglomerados urbanos de la región.

El interés principal detrás de la constitución del TVA⁵ era utilizar, con un efecto demostrativo, las ventajas que representaba aplicar las teorías de crecimiento económico relacionadas con el concepto de “modernización efectiva”. Fundamentado éste en extender y divulgar la aplicación de nuevas tecnologías y la difusión del conocimiento científico hacia una población del país, que debería ser instruida en estas prácticas. Y que, al unirse en el ejercicio de la democracia al concepto de liberalismo, permitiría mejorar el nivel de vida en regiones con amplias limitaciones económicas y sociales (Ekbladh, 2011).

La experiencia del programa del TVA demostraría cómo al habilitar agencias descentralizadas del Gobierno Federal de EEUU, en una planificación fortalecida con la participación de asociaciones público-privadas entre empresas y gobiernos regionales, facilitaría integrar, dentro del esfuerzo de ejecución de nuevas obras, capacidades institucionales para transferir experticia y tecnología hacia comunidades y habitantes de regiones objeto de los mencionados proyectos de infraestructura. Argumentando que ésta se impartía con mayor celeridad que la experimentada en los programas gestionados por agencias centralizadas y definiendo la viabilidad de un modelo de desarrollo regional que podría ser aplicado internacionalmente; vía ayudas de cooperación y asistencia técnica y financiera (Ekbladh, 2002). En Venezuela se observa esta influencia en la implantación de Corporaciones Regionales; un caso particular, los proyectos de la Región de Guayana.

El pensamiento liberal consideró que este modelo de gobierno, orientado a implementar programas precisos de interés multipropósito, era una herramienta eficaz para combinar la aplicación de las nuevas ideas de reformas políticas. Ideas que abarcaban desde la ingeniería social para el cambio político hasta establecer, por medio de planificación científica y como condición viable, la aplicación de unas tecnologías enfocadas a incrementar productividad y lograr crecimiento económico. Otorgándole forma a un concepto de modernización del estado de acuerdo con la difusión de prácticas liberales y enfocado en promocionar, cómo las ventajas inherentes al progreso de la ciencia y la tecnología permitirían alcanzar una organización racional de la sociedad; profundizando e incidiendo en la ampliación del ejercicio de la democracia (Carmody, 2019).

Un testimonio de estas ideas asociadas a adelantar medidas de ingeniería social se aprecia en Arthur E. Morgan, primer

presidente del TVA (Hendriks, 2016), cuando argumentaba que:

- (a) las reformas educativas propiciarían un cambio de las normas sociales en la región, que mostrarían efectos de mejoras tanto de salud pública, como en emancipación de la mujer;
- (b) las obras de infraestructura asociadas a la canalización de los cursos de agua, afectación de tierras y recuperación de zonas inundables y pantanosas, destinadas éstas a incrementar espacios destinados a agricultura y los aprovechamientos forestales, favorecerían el control de la malaria y otras enfermedades de origen zoonótico, propias y con carácter endémico en zonas rurales de marcado atraso económico y social;
- (c) y la expansión urbana, necesaria para emplazamiento de nuevas industrias, incrementaría la construcción de una infraestructura asociada al servicio de energía eléctrica y del suministro de agua, canalizaría la instalación de centros educacionales locales para suministrar mano de obra calificada, al vasto complejo industrial y de servicios.

Destaca dentro de estas ideas de ingeniería social orientadas a favorecer y fortalecer el autogobierno en las comunidades, que en 1934 en la población de Corinth ubicada en Alcorn County, Estado de Mississippi, se promovió y estableció lo que se considera como la primera experiencia de una cooperativa de suministro de servicios públicos (Lilienthal, 1944).

La Alcorn County Electric Power Association tenía la visión y objetivo de suministrar servicios de energía al costo y sin beneficio (TVA, 2022a); y para efectos prácticos de favorecer esta visión:

- (a) la U.S. Environmental Protection Agency (EPA), agencia descentralizada del gobierno de EEUU, promovía la construcción y procura del equipamiento requerido en la instalación de sistemas de distribución de energía eléctrica con capacidad para ser expandido hacia otras zonas y localidades vecinas;
- (b) la TVA, como suplidor mayorista, suministraba energía eléctrica para ser vendida por la cooperativa, tanto a sus miembros como a otros clientes, incluyendo el sector industrial;
- (c) y la cooperativa estaba autorizada a gestionar la procura directa y la venta a terceros del equipamiento requerido para energizar urbanizaciones y las edificaciones de particulares.

Esta confluencia de intereses privados y gubernamentales para propagar las experiencias del modelo aplicado por el TVA, generaban entusiasmo y un fuerte apoyo al gobierno estadounidense de parte de la sociedad; en particular de iglesias y grupos religiosos dedicados a la caridad y de accionistas de los conglomerados económicos. Y justificaría

⁵ Ver el documento denominado, en inglés: “*Tennessee Valley Authority Act of 1933*” (TVA, 2022b).

un asunto relevante de política exterior de EEUU, basado en el interés de expandir esta visión de programas económicos regionales para mejorar las condiciones socioeconómicas en los países subdesarrollados. Apoyado en el concepto de modernización se fortalecía la idea de una transición desde un pasado colonial a la vida en democracia; aunque es preciso señalar, que expresa una clara orientación de promover y asegurar las debidas aperturas de estos nuevos mercados (Johnson, 1983).

A raíz de la finalización de la guerra de Corea, la política de ayuda internacional estadounidense adquiere mayor relevancia como facilitadora de la aplicación de las teorías de crecimiento económico relacionadas con el concepto de modernización (Ekbladh, 2004). Se afianzaba ésta en la construcción de la institucionalidad requerida para asegurar la implantación de la idea de modernización, en conjunto con los gobiernos de “países receptores” de ayudas humanitarias – casos emblemáticos son Corea del Sur y Taiwán – y en el soporte de las agencias de la ONU. Agencias que configuran unos actores acreditados del cambio socioeconómico en aquellos países que para esa fecha se denominaban subdesarrollados, en coordinación con las empresas y organizaciones de carácter privado de los actualmente conocidos como “países donantes”. Y lo anterior, bajo la idea acreditada del término en inglés de “*nation-building*” (sic); o creación de estados independientes (Ekbladh, 2004).

Para los efectos, en la década de 1950 las ayudas masivas dirigidas a Corea del Sur y Taiwán se materializan por medio de un estado gestor de la ayuda foránea que actúa como agente dinamizador de la aplicación de nuevas tecnologías en los procesos de industrialización (Amsden, 1989); y un operador clave del cambio político. Modificando así, la presencia de unas estructuras arcaicas de propiedad de la tierra (Carmody, 2019) y conjugando con fuerza el concepto de modernización, con el objetivo político principal de lograr crecimiento económico para impulsar la actividad industrial en estos países.

Los cuestionamientos que planteaban los analistas políticos de esas décadas de 1940 y 1950 coincidían en resaltar que, detrás del altruismo mostrado en el impulso de EEUU a las ayudas de cooperación internacional, a modo de política de estado y afianzada en el soporte de unas organizaciones empresariales y filantrópicas de amplia presencia mundial, y del interés de utilizar como actores del cambio socioeconómico a las agencias de la ONU, no sólo estaba la intención de servir de herramientas de contención a las influencias políticas de los regímenes autoritarios de corte comunista, si no que el interés de EEUU coincidía en asegurar amplios accesos a mercados que, en ese momento, se encontraban en proceso de reconstrucción en las naciones afectadas por las guerras; y a los mercados en formación de los países subdesarrollados. Esta acción permitiría canalizar y expandir la comercialización de las capacidades excedentes de manufactura de productos y servicios disponibles en el conglomerado industrial estadounidense; ampliamente

fortalecido en las capacidades locales de manufactura durante los anteriores años de conflictos bélicos (Kennedy, 2013).

De esta manera, operando la política exterior en apoyo de la industria nacional se aseguraría la continuidad de las operaciones del poderoso sector industrial de EEUU para satisfacer, con suficientes puestos de trabajo, la reubicación del número creciente de mano de obra licenciada del servicio militar. Aislando la expansión de conflictos sociales en demanda de empleo y eludiendo efectos negativos de recesión de la economía; como la experimentada en el período de entreguerras.

Llama la atención que en los actuales momentos cuando se demanda a los gobiernos de los países democráticos (a) expandir el suministro de asistencia técnica y financiera y (b) alcanzar una mayor contribución financiera para asegurar los recursos económicos que se perfilan distribuidos entre ayuda humanitaria, soporte técnico en reconstrucción de la infraestructura y amplios suministros de material bélico destinado a equilibrar las fuerzas en combate en el presente conflicto de Ucrania, país invadido por Rusia desde febrero del pasado año 2022, a más de setenta años de distancia se repiten los idénticos argumentos al mencionado anteriormente de parte de países aliados europeos y asiáticos de EEUU.

Al presente, con la situación de incertidumbre geopolítica, los aliados consideran que EEUU sería el único país favorecido para (a) superar impactos negativos de los efectos de la pandemia del COVID-19, potenciados desde inicios del año 2020, y (b) aprovechar el incremento de los precios de combustibles fósiles y materias primas generados por el embargo de suministros de Rusia; dirigidos éstos a los mercados europeos y asiáticos. Sectores de la política mundial consideran que las acciones adoptadas por el gobierno de Joe Biden, orientadas a crear un nuevo orden económico global para contener las amenazas duales de China y Rusia, en la actual reedición de conflictos similares a los experimentados en la Guerra Fría podría degenerar en un mundo de bloques económicos y militares; y los cuales al momento, se observan en competencia.

El resultado que se aprecia con mayor inconveniente es que esta competencia empieza a prefigurar los desbalances del poder económico que produce un actor más favorecido. Al establecer los EEUU protecciones de mercado e incrementar los subsidios al sector energético nacional, con el interés de beneficiar la producción industrial local e impulsar el progreso científico y tecnológico⁶, determina que al no

⁶ Son las leyes aprobadas por el congreso de EEUU relacionadas con las denominadas en inglés: “*the Inflation Reduction Act (IRA)* and the *CHIPS and Science Act*”. Ésta última prevé desembolsos de US\$ 280 mil millones en los próximos 10 años para investigación y desarrollo – universidades – en el sector energético y del desarrollo espacial, incluyendo mejoras en la infraestructura de transporte y de interconexiones internas de EEUU y nuevos desarrollos tecnológicos en la industria metalúrgica, casi US\$ 53 mil millones

alcanzar una coordinación apropiada con los sectores económicos de la Unión Europea (UE) y los países aliados de Asia, se crea una situación que desfavorece la competitividad de amplios sectores industriales y de servicios ubicados en esas regiones; y que se consideran motores de la economía (CFR, 2022).

Es apropiado comentar que, a través del decurso de estas dos intervenciones de los gobiernos estadounidenses, (a) la primera durante años previos a la Segunda Guerra Mundial y continuada en la Guerra Fría y (b) la segunda, en la contención de las presentes amenazas duales de China y Rusia, en realidad el factor resaltante ha sido demostrar cómo en los momentos de crisis políticas, las intervenciones del estado central en la economía permiten impulsar el crecimiento económico y asegurar las condiciones de vida de la población; y en situaciones diferenciadas de catástrofes provenientes de la Naturaleza, agiliza las decisiones para comprometer amplios recursos e intervenir y reducir daños ocasionados de carácter ambiental.

Este último factor de reducir los daños y riesgos de carácter ambiental, como objetivo final de las políticas climáticas, en el presente siglo XXI se convierte en un asunto de alta jerarquía para implementar acciones de gobierno en base a cómo instrumentalizar la aplicación de los criterios de sustentabilidad económica inmediata y de sostenibilidad de largo plazo. Criterios que permitirán asegurar el cumplimiento de una transición hacia un nuevo modelo económico y social de carácter democrático y con mayor justicia, fundamentado éste en la defensa de la Naturaleza.

Es decir, adelantar una transición hacia una economía inclusiva y baja en carbono, en la cual, (a) al mismo tiempo que se fortalezcan los sistemas de protección social y promoción del empleo para reducir las extensas brechas de desigualdad presentes que se advierten entre grupos socioeconómicos, generacionales o territoriales (OECD, 2022a), (b) se materialicen en amplias protecciones climáticas dirigidas a minimizar los daños y riesgos a las personas, la biodiversidad y a las infraestructuras, derivadas de los impactos del cambio climático; que en la observación de evidencias de incumplimientos al presente de compromisos acordados por los países con la agenda climática global, serían cada vez de mayor ocurrencia.

En sociedades de corte democrático liberal resulta evidente la necesidad de condicionar estas intervenciones coyunturales del estado en los procesos económicos, a cumplir unas orientaciones construidas en base a (a) una planificación racional y coordinada entre agentes privados, agencias

regionales y organizaciones de la sociedad civil, (b) observando el debido respeto a los acuerdos internacionales y (c) a las atribuciones y responsabilidades derivadas de una gobernabilidad eficaz.

Se confirma que, con una evidente independencia de las convenciones de gobierno asumidas, sean estas en democracia o en autoritarismo, en las sociedades tecnológicas y globalizadas actuales la posibilidad de dominar el conocimiento científico y la aplicación de las tecnologías permite a las naciones cumplir metas de crecimiento económico. Sin embargo, es oportuno reconocer, que también expande la capacidad de proyectar poder político sobre espacios regionales de influencia.

Las economías climáticas ... ¿opción para detener los riesgos climáticos del siglo XXI?

El 28 de febrero del 2022 fue presentado a la comunidad presente en las Naciones Unidas el Sexto Informe de Evaluación de la acción climática en el contexto del desarrollo sostenible, elaborado entre los años 2021 y 2022 por representantes de las organizaciones científicas agrupadas en el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC, 2021) – en inglés, Intergovernmental Panel on Climate Change y en adelante referido por sus siglas, IPCC –, enfocado éste en los efectos que tendrán, sobre las personas y el Planeta, los impactos ocasionados por el cambio climático.

Para efectos prácticos de control climático y debido a la vulnerabilidad que muestra el medio ambiente (IPCC, 2022a e IPCC, 2022b), se aprecia la necesidad vital de emprender amplias gestiones de adaptación del modo de vida de las personas y las cuales se traducen en unos cambios profundos de los patrones culturales y comportamientos imperantes en sociedades modernas; orientadas éstas, al consumo masivo de productos y servicios.

El 58^{avo} período de las sesiones del IPCC, finalizado el 18 de marzo de 2023 en Interlaken, Suiza. Posteriormente el día 20 de marzo, se presentó el Informe de Síntesis al Sexto Informe de Evaluación⁷, actualizando el estado del conocimiento sobre el cambio climático alcanzado hasta el final del año 2022 y se establece que, de acuerdo a las proyecciones: “... En esta década, la acción acelerada para adaptarse al cambio climático es indispensable para reducir la brecha entre las medidas de adaptación en vigor y las que se necesitan. Por otra parte, a fin de limitar el calentamiento a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, es preciso lograr reducciones drásticas, rápidas y

⁷ El Informe de Síntesis, en inglés “*Synthesis Report (SYR) of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6): Climate Change 2023*” es la última entrega del Sexto Informe de Evaluación del IPCC, que integra, actualiza y resume los hallazgos de los seis informes publicados por el IPCC durante el ciclo actual que comenzó en 2015. Esto incluye tres informes especiales y las tres contribuciones del Grupo de Trabajo del IPCC al Sexto Informe de Evaluación. Consultar toda la documentación en la página del IPCC Secretariat: <https://www.ipcc.ch/library/>.

para promover la industria local de semiconductores (McKinsey, 2022a); y adicionalmente, créditos impositivos para adquisición de equipos manufacturados localmente (ASCE, 2022). Detalles sobre el alcance de estas inversiones y políticas de EEUU se aprecian en documentos anexos relacionados con las siguientes Referencias Bibliográficas: (a) US Congress-Senate, 2022a, (b) US Congress-Senate, 2022b y (c) US Congress-House, 2022.

sostenidas de las emisiones de gases de efecto invernadero en todos los sectores. Las emisiones ya deberían haber disminuido y será necesario reducirlas casi a la mitad de aquí a 2030, si se desea limitar el calentamiento a 1,5 °C. ...” (IPCC, 2023).

Las investigaciones científicas advierten que, independientemente a las medidas adicionales que han venido siendo implementadas en los países para reducir los impactos ambientales, las proyecciones sobre el nivel global esperado de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)⁸ alcanzarían en el año 2030, un 13,7% superior a los niveles del año 2010. Esta situación resultaría que al final del siglo XXI, se generen o sea difícil remediar, aumentos adicionales al límite acordado de emisiones de GEI previsto para reducir la brecha de temperatura del 2,7 °C (IRENA, 2022)

Las evidencias mostradas en el Sexto Informe del IPCC son tan fuertes que conducen a la necesidad de producir rápidas y decididas intervenciones de los gobiernos para, por medio de respuestas eficaces dirigidas a modificar los patrones de consumo y conductas arraigadas en la sociedad, lograr desplazar aquellos sistemas socio-técnicos que propician la construcción de barreras de origen institucional público o privado, aunque también social, y que al ser de carácter muy dinámico, interfieren en el desempeño de la hoja de ruta o trayectoria asumida en las agendas globales para reducir los impactos ambientales y promover las acciones requeridas para dinamizar la transición energética.

Los gobiernos y la sociedad de los países concurren ante la presencia de unos desafíos significativos para asegurar sentar las bases de cambios profundos en el modo actual de vida. El año 2030 es un lapso de tiempo que, en definitiva, se encuentra asociado al corto plazo y ante esta situación, el interés de emprender acciones orientadas a ejecutar los procesos de transición energética previstos en el contexto de acuerdos climáticos de Naciones Unidas, presenta un carácter esencial.

Como bien está establecido en el mencionado Sexto Informe, al momento presente, (a) de lograr detener las causas que extienden la dimensión de las superficies afectadas y las emisiones generadoras de la alta huella de dióxido de carbono (CO₂) y de otros GEI, (b) de acuerdo a los investigadores climáticos el nivel del daño ya ocasionado a la fecha ha sido tan grande y las emisiones almacenadas en la corteza terrestre son de tal dimensión, que la trayectoria del calentamiento global continuaría durante un lapso de tiempo que se extendería más allá de la fecha prevista en la Agenda 2050⁹. Fecha relacionada con la decisión de eliminar en su

totalidad las emisiones netas de CO₂ y que constituye por sí misma, un factor esencial para limitar las emisiones antropogénicas; que se extienden a lo largo del Planeta Tierra.

En consecuencia, resulta evidente que transitar por la actual senda de conflictos constantes y riesgos para cumplir con la Agenda 2050, solo será posible con una fuerte preparación de la sociedad global para resistir el impacto de acontecimientos futuros de carácter ambiental. E implementando medidas que propicien la construcción de capacidades productivas e incrementando capacidades de resiliencia en instituciones y los habitantes. Estas acciones de gobierno requieren de (a) la implementación de extensos programas de inversión dirigidos a la adecuación de las infraestructuras existentes y que, como complemento, (b) sean activadoras de las gestiones para alcanzar equilibrios entre un consumo apropiado de recursos naturales y las medidas para asegurar la sustentabilidad del medio ambiente; al largo plazo.

De acuerdo a lo establecido en la visión de la Agenda 2050, una transición hacia una economía inclusiva y baja en carbono enfocada a compensar a las poblaciones más afectadas y vulnerables ante riesgos climáticos, precisa la movilización de importantes recursos financieros provenientes en su mayoría de políticas fiscales implementadas por los gobiernos, de la banca de desarrollo nacional y multilateral, de los bancos de inversión y de capital de riesgo. En este esfuerzo el sector privado deberá desempeñar un papel más destacado, y en coordinación con las agencias de gobierno, canalizar inversiones, desarrollar instrumentos de mercado y propiciar el diseño de nuevos mecanismos y normas regulatorias adaptadas a criterios de sustentabilidad y protección ambiental (OECD, 2022a).

Un esfuerzo que requiere gestionar, de manera ágil y con la debida atención, la coordinación entre sectores privados y gobiernos de los países. Y el cual, al estar afirmado en amplios consensos alcanzados al interno de la sociedad en general, le confiere una fuerte legitimación para convertir los procesos de implantación de las reformas requeridas por la agenda climática, en la transición energética, en una acción política viable; construida ésta, en los principios del dialogo inclusivo.

Acción que conforma una vía de implementación de un nuevo contrato social que promueve la colaboración entre agentes de la sociedad y cuyo interés primordial es propiciar: (a) no sólo la ampliación de las protecciones climáticas en el

⁸ Se refiere a los siete gases contemplados en el Protocolo de Kyoto y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido de nitrógeno (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), hexafluoruro de azufre (SF₆), y trifluoruro de nitrógeno (NF₃).

⁹ Durante las Conferencias de las Partes (COP) del año 2015 en la celebración de la denominada COP21 de París y en la cual se

asignaron unos límites de niveles máximos de emisiones de CO₂ que deberían ser satisfechos por los países, se establecieron los parámetros de la transición energética prevista en la denominada Agenda 2050; y que establece eliminar las emisiones netas de carbono a nivel global, para el año 2050.

Las COP se iniciaron en Berlín, Alemania Federal el 7 de abril de 1995 (COP1) con el interés de ejecutar medidas de amplio consenso (COP1, 1995a y COP1,1995b), enfocadas en políticas y programas orientados a establecer equilibrios entre la implementación de acciones dirigidas a alcanzar desarrollo económico y las de preservación del medio ambiente.

nivel exigido por la transición energética, (b) sino también mejorar la condición de precariedad de los más vulnerables y cumplir con los objetivos previstos en la componente social de la Agenda 2030; orientada ésta, a satisfacer la estrategia del DHS.

Las economías climáticas ... ¿paradigmas del capitalismo climático del siglo XXI?

Los anteriores comentarios están relacionados con los inconvenientes que se aprecian en la identificación del cómo gestionar, por parte de los gobiernos, la viabilidad de las mejoras socioeconómicas y cumplir con las políticas globales del DHS contenidas en la Agenda 2030. Coincidentes con el concepto principal de aquellos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), estas están enfocados en centrar políticas públicas orientadas a accionar amplias medidas de reducción del impacto de la pobreza y las desigualdades.

En realidad, el inconveniente de una gestión pública enfocada a mejoras socioeconómicas es que, por su afianzamiento en la búsqueda de lograr resultados positivos siempre concluye en promover una orientación unidireccional centrada en cómo construir crecimiento económico. En esta situación, para cumplir objetivos del DHS, en la práctica se vinculan acciones de gobierno con premisas del modelo económico progresivo tradicionalmente promovido por la banca multilateral: (a) el crecimiento económico se fundamenta en acumular incrementos en productividad y se logra a través de la expansión de los mercados, y (b) al facultar que la población disponga de mayores recursos personales, invierta en consumo y aumente la demanda de bienes y servicios, generando de tal forma, una actividad económica expansiva (Martínez-Barruchi, 2022c).

Durante las sesiones de las Conferencias de las Partes – en adelante por sus siglas en inglés, COP¹⁰ – realizada en el año 2015 con la celebración de la denominada COP21 de París y en la cual se asignaron límites de niveles máximos de emisiones de CO₂ que deberían ser satisfechos por los países, se establecieron los parámetros para adelantar los procesos y acciones de las señaladas en las páginas anteriores como la transición energética y la visión de la Agenda 2050. Acciones previstas a ser implementadas coincidiendo, a partir de diferentes evoluciones de activación, durante el inmediato y el corto plazo hasta concluir en el año 2050, como año límite.

En la COP21 de París se acordó acelerar el cumplimiento de las denominadas Contribuciones Determinadas por Nación – en inglés “*Nationally Determined Contributions*” y en adelante por sus siglas, NDCs –, que corresponden a un conjunto de metas establecidas en la lucha global contra el cambio climático a ser alcanzadas en base a compromisos específicos, aceptados por cada país (NDC, 2021; COP21, 2015a y COP21, 2015b).

Las NDCs están fundamentadas en eliminar emisiones netas de carbono – en inglés “*net-zero CO₂ emissions*” y en adelante por sus siglas, NZE – y cumplir expectativas previstas en diferentes escenarios de la visión de la Agenda 2050. Una acción asociada a la perspectiva de alcanzar la señalada anteriormente condición de neutralidad climática (Aalto, 2023) y formaliza una decisión que constituye un factor esencial para limitar las emisiones antropogénicas sobre el Planeta.

Es apropiado considerar que uno de los propósitos de adelantar la transición energética bajo criterios del DHS, reside precisamente en la particularidad de coincidir con medidas precisas y de alcance global destinadas a reducir presiones por sobreexplotación de recursos naturales provenientes de la naturaleza y limitar el consiguiente impacto climático que causa sobre el capital natural del Planeta. Ahora bien, cuando se analiza la implementación de las políticas globales del DHS, pero en este caso encaminadas sólo a asegurar la culminación de la transición energética prevista en la Agenda 2050, se observa que ésta coincide con escenarios que involucran inmensas inversiones para adelantar aquellos procesos contenidos en la transición energética, que se encuentran orientados a configurar una economía baja en producción de carbono.

Es evidente que esta condición de culminación obliga a ejecutar plazos de ajuste y cumplir unos objetivos climáticos que, a veces, muestran carácter contradictorio, porque: (a) no sólo implica sustituir consumos de combustibles provenientes del sector de los hidrocarburos y el sector del carbón, generadores de la alta huella de carbono y de otros GEI, (b) sino también desarrollar e implementar diversas soluciones socio-técnicas de carácter viable que aseguren modificar y reemplazar la casi totalidad de la amplia infraestructura operacional existente a nivel global.

En el contexto de la economía y el desarrollo a futuro, esta acción de cumplir con objetivos climáticos comprende sustituir en la práctica toda la infraestructura operacional existente que, en definitiva y como realidad objetiva, está asociada a los motores energéticos y modos de vida imperantes que le han venido otorgando sentido de desarrollo a la economía global.

De ahí deviene el interés de centrar la transición energética en sucesivas etapas de reducción del número de industrias y equipamiento urbano existente, generador de alta huella de carbono, por medio de la sustitución con dispositivos que operen con energías favorables al ambiente. Cumplir este objetivo determina emprender las medidas para evaluar cómo asegurar disponer de medios suficientes y eficaces destinados a la recuperación, reconstrucción y adecuación de la infraestructura operacional presente en los sectores de servicios e industriales en los países; una acción coincidente en su más amplio espectro, con actividades de

¹⁰ La última Conferencia de las Partes fue la COP29, realizada en Bakú, Azerbaiyán; en noviembre de 2024.

descarbonización de las infraestructuras energéticas¹¹. Adicionalmente, estas medidas deberían aplicarse observando que el cumplimiento de las acciones regionales de la transición energética debe orientarse a sostener y proyectar un carácter de impacto global; bajo el esfuerzo del denominado “Pacto de Solidaridad Climática” presentado por el S. G. de la ONU en la COP 27 del año 2022, celebrada en Sharm el-Sheik, Egipto.

En paralelo, para adelantar los procesos de descarbonización, convendría emprender medidas claves dirigidas a la adecuación de infraestructura operacional de los sectores de la construcción, transporte, servicios públicos y de las industrias en general. Procesos que deben considerar la inclusión de cambios relevantes en los sistemas operacionales de servicios en la mayoría de edificaciones comerciales, las destinadas al disfrute social y por supuesto, viviendas.

Una acción condicionada a lograr éxitos relativos en descarbonización de infraestructuras energéticas requiere también comprometer a los gobiernos a construir nueva infraestructura destinada a satisfacer la consiguiente expansión de la demanda del servicio de energía eléctrica; prevista en la idea de masificación de los procesos de electrificación.

La transición energética requiere de una modificación extensa y radical de los actuales patrones de consumo de la economía. Las estrategias de reducción de emisiones revisten un carácter crítico y son un fuerte desafío para intensificar el desarrollo de las inversiones en innovación y nuevas tecnologías orientadas a las protecciones ambientales y mejoras en eficiencia en consumo de recursos. Enfocadas estas nuevas inversiones a obtener soluciones relevantes (a) en equipamientos de servicios industriales y de movilización y transporte, y (b) en incrementos del uso de dispositivos electrónicos y electrodomésticos presentes en la vida moderna. Los cuales, como resultado de la masificación de los procesos de electrificación requieren asegurar una mayor eficiencia energética. Y sin olvidar, la necesidad de expandir los usos de los sistemas de digitalización para mejorar la climatización de ambientes; acción dirigida a una fuerte reducción del consumo energético (WEF, 2022a).

El resultado de la manera en la cual la economía global propicia la implementación de estos procesos de descarbonización, incluidos en la visión de la transición

energética expuesta en la Agenda 2050, se ha venido denominando y adquiriendo mayor notabilidad pública bajo el término de capitalismo climático (Newell, 2010):

- (a) un modelo que facilita la implementación de cambios sustanciales para sustituir el actual sistema de desarrollo industrial y modo de vida basado en tecnologías del carbono afirmadas en consumo de productos de origen fósil;
- (b) y que se inserta en la necesidad del modelo capitalista de mantener, durante el mayor lapso de tiempo posible, las oportunidades para aprovechar la disponibilidad de tasas de crecimiento económico estables, beneficiándose de las variaciones en los ciclos económicos.

El capitalismo climático, aunque es intrínseco a un nuevo ciclo económico, no se considera un modelo de economía política. Al contrario, corresponde a prácticas apropiadas de la economía empresarial y del desarrollo de los negocios que se emplean como potenciadores de la transición energética para cumplir con las visiones de la Agenda 2030 y la Agenda 2050; asumidas por los gobiernos, corporaciones y asociaciones no-gubernamentales. En su razón de ser una práctica de desarrollo empresarial, reviste la idéntica condición de riesgo que continuamente asumen todos los paradigmas de negocios, que es: cómo asegurar la disponibilidad de suficientes fuentes de financiamiento en plazos extendidos de tiempo.

En relación a la necesidad de disponer y ampliar las fuentes de financiamiento, los gobiernos, por medio de unas políticas públicas eficaces que incluyan combinaciones de regulaciones e incentivos, podrían propiciar que las propias empresas en asociación con el sector financiero, que integra bancos de inversión, capital privado dirigido a inversiones de riesgo, fondos de riqueza y pensiones, y compañías de seguros, dirijan sus intereses de negocios a enfocarse en financiar inversiones en industrias y tecnologías que aseguren implementar el desarrollo de infraestructura de descarbonización (McElwee, 2020).

Para finalizar esta introducción a la idea de capitalismo climático, es oportuno comentar que la transición energética conforma un conjunto de acciones de gobierno fundamentadas en el interés de acelerar una transformación económica global, caracterizada en lograr producir bajos niveles de emisión de carbono; que cuenta con amplio consenso de apoyo ciudadano. Transformación que requiere cambios en los patrones de inversión y conductas de consumo, e inversiones significativas en innovación en tecnologías y en adecuación y construcción de una nueva infraestructura con baja huella de carbono; junto a la adopción de nuevos mecanismos de financiamiento que soporten las acciones climáticas (PMR, 2021).

Como se puede apreciar, las inversiones en activos asociados a la implementación de extensos programas dirigidos a la adecuación de las infraestructuras existentes,

¹¹ Descarbonizar el sector energético significa reducir la intensidad de emisiones de carbono y otros GEI a la atmósfera, incrementando los consumos energéticos a través de energías renovables y eliminando los consumos de combustibles fósiles; esta acción se aplica a medios de transporte, necesidades de transferencia de calor en infraestructura industrial y a los patrones de consumo energético en ámbitos urbanizados, promoviendo procesos de electrificación (LSE, 2020).

En las plantas termoelectricas que operan con carbón como combustible principal, sustituir el consumo de carbón por gas natural significa reducir emisiones de carbono, desde un promedio de 900g CO₂/kWh hasta 400g CO₂/kWh.

deben encontrarse alineados a los ODS asociados a los resguardos contra el cambio climático. Y en particular, con la adaptación a la visión de la Agenda 2050 de las infraestructuras de servicios públicos destinadas a satisfacer requerimientos de servicios y habitabilidad en espacios urbanos de los países. Servicios dentro de los cuales es un factor clave, el suministro de energía eléctrica. El suministro de energía eléctrica es considerado un activador clave del desarrollo en las sociedades modernas y requiere, por lo tanto, la observancia de orientaciones muy específicas establecidas en los ODS relacionados con la transición energética y los resguardos contra el cambio climático.

A efectos prácticos es necesario organizar los mecanismos para propiciar cómo el sector empresarial contribuye a articular unas políticas climáticas propias, demostrativas de impactos positivos al ambiente y que afirmen expectativas establecidas en visiones de los ODS. Expuestos en la Figura N° 01 incluida en la siguiente página, y que se corresponden a los siguientes:

- ODS 06: Agua Limpia y Saneamiento,
- ODS 07: energía asequible y NO contaminante
- ODS 09: Industria, Innovación e Infraestructura,
- ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles,
- ODS 12: Producción y Consumo Responsable,
- ODS 13: Acción por el Clima,
- ODS 14: Vida Submarina,
- ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres,
- ODS 17: Alianzas para lograr los Objetivos.



Figura N° 01. Objetivos de Desarrollo Sostenible asociados a resguardos climáticos

Fuente: PNUD, página electrónica; acceso el día 23/Febrero/2023
<https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Abordar los problemas de riesgo del cambio climático es un factor relevante para desarrollar estrategias corporativas en las empresas bajo conceptos y visiones que, en un escenario general, observen la alineación de objetivos a corto y largo plazo para lograr recaudar capital de financiamiento dirigidos a inversiones climáticas. Dentro de esta visión de la estrategia, la trayectoria proyectada también debe considerar la relevancia de aquellos impactos climáticos que genere la empresa en el medio ambiente y la sociedad; y de los mecanismos a implementar, para mitigar las externalidades negativas.

Para lograr los cambios socio-técnicos que requiere la transición energética, es necesario que las políticas climáticas

se diseñen de modo que reflejen circunstancias locales y generen nuevas oportunidades económicas en apoyo del bienestar de todos. La aplicación de los instrumentos financieros del capitalismo climático, como el mercado de créditos y permisos de emisiones de carbono o los mecanismos de compensación e intercambio de bonos verdes, que coinciden con prácticas potenciadoras de la transición energética y garantizan la movilización de recursos financieros privados, permiten canalizar flujos de capital privado para movilizar las innovaciones sobre mitigación de emisiones de GEI dentro de las empresas y aprovechar la creatividad, para desarrollar productos y tecnologías con bajos niveles de emisión de carbono. Y, por ende, mediante la armonización de las ganancias empresariales con inversión e innovación de bajos niveles de emisión, impulsar progresos hacia la Agenda 2050 (PMR, 2021).

Es en razón de la necesidad de contribuir a la articulación de las políticas climáticas, que el propósito principal de aplicar instrumentos financieros climáticos está orientado a conformar estrategias corporativas que adecúen los modelos de negocio, de manera de abordar de forma efectiva los riesgos relacionados con el cambio climático y contribuir a la alineación de las empresas con los objetivos climáticos del artículo 6 del Acuerdo de París de 2015 – en adelante por sus siglas en inglés, CMA¹² –, que es una disposición que determina cómo los países pueden reducir en el tiempo los niveles de emisiones de CO₂ – las definidas en las NDCs –, a través del denominado comercio de créditos de carbono¹³. Objetivos que coinciden básicamente en favorecer la adaptación de modelos de negocios empresariales, en base a una contribución positiva a la transición a una economía baja en carbono (ICMA, 2020).

Paradigmas del capitalismo climático del siglo XXI ... externalidades ¿fallas de mercado?

Es oportuno comentar una idea propuesta en las teorías del DDE en la década de 1990, cuándo al observar en los análisis acerca de cómo mejorar capacidades competitivas de los países, se identificó la existencia de limitaciones institucionales generadoras de barreras que impiden el desarrollo, y que se materializó: en la teoría de la dependencia de la trayectoria¹⁴.

Estas limitaciones institucionales se materializan, de acuerdo a la teoría de la dependencia de la trayectoria, en fuertes condiciones de inercia que obstaculizan las oportunidades de contribuir a desarrollar hojas de ruta eficaces para implementar aquellas transformaciones sistémicas del ámbito social, que facilitarían abordar, en mejores condiciones, los asuntos del cambio climático de la transición energética. Como también, agilizar la formación de políticas públicas de carácter climático orientadas a la

¹² En inglés, “the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement” (CMA).

¹³ en inglés, “carbon credit trading”.

¹⁴ En inglés, “dependence path theory”.

implementación de tecnologías de reducción de impactos ambientales.

La teoría de la dependencia de la trayectoria se convierte en una herramienta de análisis poderosa y conforma un método apropiado para interpretar el impacto de las resistencias al cambio que ocurren al interno de los países. Esta teoría está dirigida a analizar cómo la historia, con la cual los países han acometido las políticas de crecimiento económico, social y político, influye a través de resultados positivos, aunque también negativos, sobre decisiones de gobierno para alcanzar el desarrollo (David, 2007). Y en particular, en aquellas decisiones asociadas a la implementación de las políticas de innovación tecnológica (Reeding, 2002); foco de atención de la Agenda 2050.

Esa trayectoria, que influye en decisiones de estado e impacta la formación de instituciones, incluso puede contribuir o retrasar procesos de integración de las ideas asociadas a la cultura democrática propiciada por el pensamiento occidental, y orientada a la formalización de los acuerdos sobre el conjunto de la sociedad (Greener, 2005). Resulta evidente que esa cultura de acuerdos ha sido también una determinante del crecimiento del negocio de la industria energética global e impulso al desarrollo de innovación y tecnología en este sector. Que ha sido, no obstante, respaldado por los altos niveles de consumo de combustibles fósiles en los países desarrollados.

El inconveniente con esta cultura de acuerdos es que favorece la construcción de estructuras complejas de relaciones entre instituciones públicas y privadas que, de manera muy eficaz, se posicionan e influyen negativamente sobre las decisiones de respaldo a la ejecución de recursos de orientación climática; en particular aquellos relacionados con la implantación de nuevas tecnologías del sector energético. Se configura de esta manera un tipo de estructura compleja de interrelaciones privativa de las sociedades del mundo desarrollado con elevada densidad del uso energético, aunque también es aceptada en las economías emergentes, y se la distingue por manifestarse a través de una proyección de dominio de carácter tecno-institucional¹⁵ sobre el conjunto de la población en los países; y a escala global.

Convendría aplicar este concepto de complejo tecno-institucional – en adelante por sus siglas en inglés, TIC – para interpretar con efectos demostrativos, cómo la historia ha influenciado las acciones de gobierno y el enfoque aplicado para la implementación de procesos de adecuación institucional dirigidos al sector energético, observando el

grado de impacto ocasionado en ciertos países en la configuración de una trayectoria típica en la implantación de las decisiones políticas.

Esta idea de una trayectoria típica en la implantación de las decisiones políticas se circunscribe, (a) no sólo a la capacidad que disponen las grandes infraestructuras tecnológicas relacionadas con la industria energética global para influenciar las decisiones y políticas públicas, (b) sino en cómo la actuación de estas organizaciones de carácter empresarial y los mecanismos que promueven de gestión e interconexión entre las instituciones, a su vez generan unas prácticas culturales que tienden a formalizarse al interno de la sociedad. Estas prácticas culturales se caracterizan por el potencial de amplificar y extender en el tiempo, sobre las sociedades modernas, la permanencia de dominio del mencionado TIC (Unruh, 2004).

Está comprobado que la mayor cantidad de infraestructuras tecnológicas catalogadas como responsables de la elevada generación de emisiones de CO₂ y GEI que se aprecia en los países, se encuentran relacionadas con el sector energético. Las plantas generadoras de energía termoeléctrica y los grandes sistemas de transporte basados en motores de combustión interna, no sólo se ubican en los países desarrollados sino también en aquellos países en desarrollo que exteriorizan una alta concentración y dependencia económica de los sistemas extractivos y de transformación de los recursos de origen fósil. Venezuela conforma un caso particular de análisis para identificar el alcance de implantación de acciones correctivas.

Es por esta razón que la estructura compleja de relaciones, reproducida vía grandes sistemas tecnológicos, como es el sistema energético, debe interpretarse: (a) no sólo por la característica principal de agrupación de dispositivos tecnológicos discretos, que son distribuidos a través de un territorio para dar lugar a una elevada densidad de sus infraestructuras tecnológicas, (b) sino por la realidad bajo la cual dispone de capacidades de maniobra para integrarse en las instituciones vía un sistema complejo de interrelaciones y que refleja una alta habilidad, para condicionar el comportamiento social.

El grado de amplitud de la penetración social y política del mencionado complejo de carácter tecno-institucional, y que se muestra en aquellos países con influencia económica para proyectar su dominio a través de la industria energética global, configuran unos factores limitantes a ser tomados en consideración en la implantación de las políticas climáticas. Esta potencialidad de alta influencia real y proyección de dominio de la industria energética, afectan la capacidad de decisión de los gobiernos y la sociedad en general para adelantar los procesos de la transición energética; previstos en la Agenda 2050.

Ahora bien, los procesos de cambio que se relacionan con transformaciones sistémicas del ámbito social, y la transición energética es un caso emblemático, para lograr alcanzar

¹⁵ La noción de complejo tecno-institucional – en inglés “Techno-Institutional Complex” (TIC) – propuesta entre otros por Gregory C. Unruh, se refiere a la interacción sistémica entre tecnologías e instituciones que genera resistencias al cambio; y como lo establece el autor, más que una teoría establecida, es una herramienta para organizar el análisis de políticas en el contexto de los grandes sistemas basados en la energía (Unruh, 2000 y Unruh, 2004).

resultados satisfactorios dependen de la capacidad de desplegar programas de actuación que permitan alcanzar un desarrollo planificado y cumplan las etapas previstas en trayectorias o rutas programadas en escala de tiempo; vía la secuencia lógica de acciones definidas en un modelo de cambio de la sociedad.

Esta secuencia lógica a su vez debería estar ajustada (a) a las visualizaciones de la realidad futura que se aspira conseguir y (b) a una caracterización apropiada de condiciones iniciales y de borde presentes en el entorno dónde se desenvuelven programas y sus proyectos integrados (USAID, 2017). Por esta razón resulta axiomático considerar que las carencias internas de recursos, de hecho, limitarán las posibilidades de éxito y retardarán la implementación de los cambios.

Los procesos de cambio, para alcanzar niveles de éxito, dependen de considerar identificar, con suficiente anticipación y actuando sobre el modelo a emplear, el grado de incidencia que se proyecta o deriva de los análisis, de los impactos en la hoja de ruta que podrían ser originados:

- (a) o por medio de mecanismos causales que se aplicarán como componente de intervención y al interno del proceso de cambio, para alcanzar los resultados esperados (Stein, 2012);
- (b) o también, vía interferencias externas inducidas por el ámbito económico o institucional.

En los modelos de cambio los impactos producidos por las interferencias externas son considerados como unas variables independientes del modelo a emplear; o de los mecanismos causales aplicados. Es relevante la identificación temprana de impactos que puedan causar, porque en programas de fuerte incidencia social tienen la capacidad de modificar: (a) tanto el impulso inicial, (b) como la eficacia de las acciones previstas a lo largo de la hoja de ruta; o la trayectoria establecida.

La industria energética global, que se ha desarrollado impulsada por los altos rendimientos económicos de los negocios energéticos y también vale decir, por medio del amplio soporte de los gobiernos, ha venido creando en el tiempo unas condiciones de dominio que han conseguido construir estructuras monolíticas y resistentes a los cambios tecnológicos, institucionales o sociales que afecten sus intereses de negocio. Adicionalmente, ha desarrollado una fuerte capacidad de gestión para influenciar a los gobiernos y a la sociedad, a través de las arriba mencionadas interferencias externas (Seto, 2016). Es decir, con un efecto demostrativo se aprecia el impacto que ocasiona la historia de estas condiciones de dominio, en la trayectoria de procesos de adecuación institucional y decisiones de gobierno que implican una fuerte incidencia social.

La resistencia al cambio también se expresa a través de los comportamientos al interno de la sociedad que se exhiben en momentos cuándo se rechazan oportunidades de inversión, guiadas a sustituir o reducir la magnitud del impacto ambiental que alcanzan, en las sociedades modernas, la

operación de la infraestructura y las actividades económicas dependientes de la industria energética. Y lo anterior, con independencia del amplio conocimiento difundido y reconocido a la fecha en la sociedad global que, para desarrollar un crecimiento sustentable y como acción de carácter vital, se requiere, en la industria energética, modificar los patrones de consumo de los combustibles derivados de los recursos de origen fósil. Acción que se promueve vía la sustitución por nuevos combustibles de bajo contenido de carbono o en su defecto, reduciendo actividades operacionales del mercado de insumos de origen fósil; es decir, extracción, transformación y comercialización.

Casos representativos de resistencia al cambio en la sociedad y que se encuentran asociados a reproducir incrementos en consumos de combustibles fósiles, son las acciones que favorecen:

- (a) la extensión del uso de vehículos con motores de combustión interna para satisfacer las necesidades de movilidad personal y el transporte terrestre de larga distancia;
- (b) la interconexión de pasajeros en distancias lejanas, por medio de aviones comerciales;
- (c) y el transporte marítimo de grandes volúmenes de carga, aunque a bajo costo, que mejora la operabilidad e incrementa la productividad de las cadenas de suministro global.

La superposición de los intereses particulares de la sociedad con los negocios de la industria energética de combustibles fósiles, si bien es cierto que ha contribuido a acelerar en los tiempos modernos el crecimiento económico y el desarrollo de la humanidad experimentado, también es preciso reconocer que genera fuertes condiciones de inercia que dificultan adelantar el esfuerzo de inicio requerido para acometer la visión de la Agenda 2050; y la propia transición energética.

Estas condiciones de inercia además limitan las oportunidades de contribuir a desarrollar unas hojas de ruta eficaces para continuar con aquellas transformaciones sistémicas del ámbito social que facilitarían abordar, en mejores condiciones, los asuntos del cambio climático en la transición energética. Como se observa en las limitaciones o interrupciones en procesos de decisión de los gobiernos para agilizar la implantación de tecnologías de reducción de los impactos ambientales.

Existe un tema de atención especial y que coincide con analizar la influencia del TIC sobre la cultura de la sociedad y que se materializa en el hecho de cómo, a pesar de las evidencias mostradas en el Sexto Informe del IPCC, se aprecia una fuerte situación de inercia para acometer acciones previstas en la visión de la Agenda 2050. Una inercia que se desenvuelve de una manera independiente del grado de difusión alcanzado y de la comprensión adquirida a la fecha, por la sociedad global, sobre las desventajas y riesgos que implica en la sustentabilidad de la vida del Planeta continuar

extendiendo en el tiempo unas decisiones de gobierno que se caracterizan por retrasar las gestiones de protección ambiental; y en algunos casos, hasta acometer medidas drásticas que reduzcan impactos del cambio climático o por fenómenos de carácter ambiental.

Es demostrativo cómo esa inercia tiende a perpetuar las condiciones de dependencia económica del negocio energético de los combustibles fósiles, generando unas barreras que restringen los esfuerzos científicos y tecnológicos, económicos, políticos y sociales requeridos para desarrollar las innovaciones orientadas a reducir las emisiones de CO₂ y GEI; y los otros impactos climáticos.

A estas barreras de origen institucional público o privado, aunque también social, inducidas por el sector energético dedicado al negocio global de los combustibles fósiles, se denominan en los estudios sociales como bloqueo del carbono¹⁶ (Unruh, 2000 y Seto, 2016). Barreras que se caracterizan porque interfieren en el desempeño de la hoja de ruta o trayectoria asumida en las agendas para reducir impactos ambientales y promover la transición energética. Como ha sido expuesto, de igual manera (a) no sólo tienden a desplegarse para inhibir aquellas iniciativas de innovación diseñadas bajo orientaciones de protección climática, (b) sino la competitividad de las tecnologías alternativas bajas en carbono; restringiendo los accesos al intercambio de materias primas y su comercialización en los mercados; para una posterior transformación en productos.

Es apropiado considerar que, en los momentos en los cuales la infraestructura y los productos que se integran a través de los grandes sistemas de energía basados en los combustibles fósiles, son considerados por los gobiernos dentro de los esquemas de seguridad nacional, con el objetivo de (a) afianzar la distribución de servicios universales y satisfacer mercados internos de combustibles, o (b) expandir la proyección de los intereses nacionales, ocurre la situación en la cual la descrita inercia, construida por la industria energética global, se institucionaliza transformándose en una acción política de gobierno.

Acción de gobierno que interfiere y anula las fuerzas del mercado para desarrollar nuevas tecnologías alternativas enfocadas a disminuir el riesgo climático y extiende, vía políticas de estado, la presencia de los sistemas asociados al bloqueo del carbono. Afianzando así, las capacidades de permanencia en el tiempo y de influencia en la toma de decisiones, del mencionado complejo tecno-institucional; construido por el sector de las empresas energéticas.

En la medida que los sistemas de bloqueo del carbono se vuelven omnipresentes, no sólo ocurre una superposición de intereses de la industria energética con los intereses particulares de la sociedad, sino que ésta última tiende a desarrollar mecanismos de adaptación y se integra, por medio de rutinas y rituales sociales imprevistos en la vida cotidiana,

perpetuando de esta forma los engranajes con los cuales se exterioriza el concepto del bloqueo del carbono (Unruh, 2019).

En Venezuela, con una economía dependiente del complejo industrial energético integrado por (a) la amplia capacidad de la infraestructura de extracción y procesamiento para transformar el recurso hidrocarbúrico – gas y petróleo crudo – en productos considerados de alto valor en el mercado global y (b) las necesidades de estabilización y expansión de los servicios de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, los gobiernos no pueden evadir los riesgos que representa la capacidad de intervenir, aplicando el argumento asociado a la necesidad de proteger soluciones de negocios existentes, porque ésta es requerida para superar la crítica situación social, política y económica por la que atraviesa el país. De manera que, previendo la condición de monopolio de las empresas energéticas asociadas a la IPPN y a CORPOELEC¹⁷, continuar manteniendo la dependencia en una economía extractiva de recursos de origen fósil, adoptando las mencionadas conductas inducidas por el sector energético dedicado al negocio global de los combustibles fósiles. Acción que reproducen las típicas barreras del bloqueo del carbono que interfieren en la hoja de ruta de la agenda climática y la transición energética.

En relación a lo expuesto sobre el concepto del bloqueo del carbono se aprecia que, en las economías desarrolladas también podría aplicarse la teoría de la dependencia de la trayectoria para demostrar la ocurrencia de otra segunda falla clave del mercado, complemento de la anteriormente mencionada causalidad de las externalidades climáticas. Causalidad que se manifiesta a partir del momento en el cual las empresas privadas no identifican valor o no descubren incentivos apropiados para desarrollar inversiones y esfuerzos destinados hacia una investigación e innovación tecnológica, enfocada a reducir emisiones de GEI. En consecuencia, deviene en una situación bajo la cual no se produce suficiente competencia en la comercialización de los servicios y productos climáticos para satisfacer la demanda en los mercados (OECD, 2022b).

Esta segunda falla clave del mercado, asociada a limitada presencia de competencia en los mercados, es un desafío relevante en la hoja de ruta global asociada a las políticas de descarbonización. A través de la teoría de la dependencia de la trayectoria se observa la demostración de cómo el resultado de las inversiones tempranas, desplegadas por el sector energético y dirigidas a desarrollar y comercializar tecnologías de transformación de los recursos provenientes de combustibles fósiles, ha venido reforzando en el tiempo sus propias capacidades competitivas de penetración de los mercados, dificultando de esta manera la entrada de

¹⁶ ... en inglés, “carbon lock-in”.

¹⁷ Nota: las siglas se refieren a la CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL (CORPOELEC); empresa del estado venezolano propietaria de la infraestructura y encargada de operar el sector eléctrico de Venezuela.

productos y nuevos servicios orientados a las protecciones climáticas (Acemoglu, 2014).

Desafiar las capacidades competitivas establecidas en el mercado es un caso emblemático de dificultades que se observan en el sector del transporte para sustituir las actuales tecnologías de locomoción (Aghion, 2016 y Smil, 2010) y acelerar el cambio tecnológico dirigido hacia el uso intensivo en los sistemas de movilidad y transporte, de las nuevas tecnologías de descarbonización; o combustibles sintéticos o un mayor uso de vehículos eléctricos (Hadjilambrinos, 2021 y Smil, 2021).

Es procedente adicionar a esta situación de falla del mercado, que obstaculiza el desarrollo de innovaciones y la adopción de nuevas tecnologías de preservación ambiental, la relevancia que adquieren las acciones de promoción y asistencia técnica de parte de los gobiernos para:

- (a) reducir las debilidades de coordinación existente entre industrias cuya visión y objetivos, se encuentran orientados a suministrar servicios y tecnologías de descarbonización conducentes a ser mercadeados en los sectores energético, de manufactura, transporte y de la construcción;
- (b) y corregir las limitaciones o impedimentos de carácter institucional, presentes en los países, que tienden a restringir el desarrollo empresarial y de los individuos hacia innovaciones climáticas destinadas a ser implementadas en los sistemas interconectados de transporte de cargas y personas, y también en servicios públicos de suministro de energía y agua y recolección de desechos y descontaminación de efluentes, con énfasis en reciclaje de materiales.

Existen experiencias de coordinación intersectorial, comprobadas con éxito durante la década de 1950 en los casos emblemáticos de Corea del Sur y Taiwán (Ekbladh, 2004 y Amsden, 1989), a través de las cuales se aprecian los beneficios económicos y sociales derivados de la actuación de un estado gestor de la asistencia técnica foránea, que se transforma en un agente dinamizador de la aplicación de nuevas tecnologías en los procesos de industrialización, y que actúa enfocado:

- (a) en promover amplios incentivos de coordinación entre diferentes sectores privados para afianzar las capacidades de producción de la industria local;
- (b) y en la construcción de la institucionalidad requerida para asegurar la implantación del concepto de modernización de la economía.

Es conveniente tener en cuenta que las crisis coyunturales de carácter político o humanitario, también son aprovechadas a manera de justificación para fortalecer las barreras que originan el mencionado bloqueo del carbono. Y de no ser accionadas por los gobiernos unas gestiones de corrección y medidas de reorientación, se alterarían progresos alcanzados en la agenda climática que ralentizarían los avances en

reducción de los NZE; previstos en la Agenda 2030 (FT, 2022).

Los gobiernos y la sociedad de los países están ante la presencia de desafíos significativos para asegurar sentar las bases de cambios profundos en el modo actual de vida; y en un lapso de tiempo que, en definitiva, se encuentra asociado al corto plazo. Ante esta situación, el interés de emprender las acciones orientadas a ejecutar los procesos de transición energética previstos en los acuerdos promovidos en el contexto de Naciones Unidas, presenta un carácter esencial.

Las barreras a los procesos de transición energética en Latinoamérica ... y Venezuela

En el aparte anterior se mostró una breve descripción acerca del asunto de las barreras que interfieren en el desempeño de la hoja de ruta o trayectoria asumida en las agendas para reducir los impactos ambientales y promover la transición energética; denominada en los estudios sociales como bloqueo del carbono¹⁸ (Unruh, 2000 y Seto, 2016). Convendría señalar que, en el caso de los países de Latinoamérica y el Caribe (ALyC), dentro de los cuales Venezuela se expresa con una circunstancia particular al fundamentar su economía en extracción y procesamiento de recursos de origen fósil, estas barreras muestran un carácter más general, las cuales se expresan no sólo con el objeto de inhibir iniciativas de innovación orientadas a protecciones climáticas; reduciendo competitividad de las tecnologías alternativas bajas en carbono.

Con efectos de argumentación y observando en perspectiva los países de ALyC, estas barreras institucionales en lo general se erigen como un obstáculo de la activación de la agenda climática, y, por lo tanto, superan el límite de implantación de tecnologías favorables a la protección climática; característica del típico bloqueo del carbono que se aprecia en los países desarrollados. Convirtiéndose en una condición de obstáculo que constituye un asunto de atención especial de parte de los gobiernos de la región para cumplir la agenda climática global, abarcando un amplio espectro que incluye:

- (a) desde las barreras de carácter político que afectan sostener las decisiones en el largo plazo y propician una cultura en la sociedad, negacionista a propiciar la defensa ambiental;
- (b) las barreras propiamente asociadas a las debilidades institucionales de organización que limitan la eficacia de implementar marcos legales apropiados a fomentar la idea del DHS;
- (c) las barreras relacionadas a las fallas de mercado que se derivan de la falta de implantación de una cultura de regulación de mercados, que impulse la competitividad;
- (d) hasta las específicas a las debilidades de la infraestructura existente para acometer los programas de adaptación requeridos en una transición

¹⁸ ... en inglés, "carbon lock-in".

energética, apoyada en maximizar los procesos de electrificación de las actividades cotidianas de una sociedad moderna.

En el aparte anterior se comentó que la agenda climática precisa de la configuración de una realidad institucional mayor, fundamentada en un plan energético nacional. El cual, como política de estado, requiere de objetivos de largo plazo y una perspectiva coherente dirigida al desarrollo de infraestructura climática, que viabilice la colocación de recursos financieros por inversionistas públicos y privados; al mejorar desempeños obtenidos en los mercados que rigen la economía climática.

El inconveniente cardinal reside en cómo crear atractivos comerciales para atraer recursos financieros tendientes a superar debilidades en la infraestructura energética existente, por medio de nuevas inversiones para acometer los programas de adaptación requeridos en una transición energética. Que precisa de maximizar procesos de electrificación y de satisfacer la expansión de la demanda a partir de una nueva infraestructura de generación, transmisión y distribución de energía sustentada, en incremento del aprovechamiento de fuentes renovables – biomasa, eólica, hidroeléctrica, solar, oceánica –.

Adicionalmente, los países de ALyC muestran rezagos sustanciales en inversiones asociadas a incrementar los espacios territoriales de implantación de las redes de transmisión de potencia eléctrica; y en superar las limitaciones de los sistemas de distribución y comercialización de energía eléctrica para propiciar la incorporación de las innovaciones asociadas a los nuevos sistemas de generación distribuida. Innovaciones que precisan de un marco regulatorio:

- (a) que favorezca el intercambio entre los bloques de energías oscilatorias de potencias pequeñas derivadas de la aplicación de nuevas tecnologías de captación energética de origen renovable – solar o eólica y corrientes oceánicas –, y los bloques energéticos de gran potencia, característicos de los sistemas de mayor densidad energética;
- (b) y propicie esquemas tarifarios que promuevan las inversiones privadas dirigidas a la masificación de instalaciones de generación distribuida, con el objeto de operar bajo el carácter de productor – consumidor del servicio de energía eléctrica o “prosumer” (sic).

En los países interesados en cumplir objetivos de la agenda climática, el inconveniente o reto principal a superar es que tanto los inversionistas privados y las mencionadas instituciones financieras requieren, como orientación primordial para otorgar sus servicios financieros, que se encuentren en fase de ejecución o al menos de implementación, un conjunto de políticas climáticas asociadas a reformas institucionales y del marco legal y regulatorio dirigidas hacia la operación del sector energético, bajo el

criterio de mercados abiertos y con mecanismos claros de gestión destinados a la aplicación de medidas de ajuste tarifario. Para así asegurar la participación de la inversión privada en todos los eslabones de las cadenas industriales – en especial las del servicio de energía eléctrica: generación, transmisión, distribución y comercialización – (Martínez-Barruchi, 2020a).

Es oportuno considerar que estos requerimientos deben incluir unas mejoras adicionales en los aspectos ambiental y de seguridad de las operaciones del sector energético. Es decir, un conjunto de acciones integradas a partir de los procesos de reforma del mercado energético (Razavi, 2007).

Los procesos de reforma del mercado energético implican un fuerte cambio del marco legal y el establecimiento de las reglas del mercado energético. En particular, la elaboración de los documentos asociados a las bases y prácticas del mercado – cálculo, instrucciones, reglas –; y las guías operativas de comercialización – fórmulas y procedimientos – (Martínez-Barruchi, 2021b). En estos documentos se establecen:

- (a) los principios y procedimientos de operación y planificación del mercado;
- (b) los diferentes mecanismos de subastas a corto, mediano y largo plazo, con el interés de interpretar características específicas de hacer negocios en mercados abiertos de energía;
- (c) los mecanismos de ajustes tarifarios, de subsidios e impositivos para desarrollar el régimen de operación del sistema de intercambio comercial de valores financieros – de vital relevancia en el sistema tarifario del servicio de energía eléctrica – y también de permisos de acreditación por emisiones de CO₂, de certificados de energías limpias o de asignación de bonos verdes;
- (d) y en particular, los métodos de arbitraje y los mecanismos de resolución de controversias para establecer alcance de los incumplimientos del servicio a través de los eslabones de la cadena industrial del sector eléctrico y gestionar fallas en los procesos de adjudicación de créditos al carbono o incumplimientos en las cuotas de emisiones de CO₂ asignadas a las empresas.

La mayor limitación que muestra adelantar los procesos de transición energética en los países de ALyC reside en los cambios culturales relacionados con la celeridad para interpretar las características específicas de hacer negocios en mercados energéticos de carácter abierto y competitivo. Como, por ejemplo:

- (a) implementar mecanismos tarifarios, de subsidios e impositivos para desarrollar el régimen de operación del sistema de intercambio comercial de valores financieros y de permisos de acreditación por emisiones de CO₂;

- (b) o en particular la gestión de fallas en los procesos de adjudicación observadas a través de mecanismos de regulación de créditos de carbono, en ambos sistemas de obligatorio cumplimiento o voluntarios, que son regulados por leyes nacionales o regionales;
- (c) o incumplimientos en límites de cuotas de emisiones de carbono permitidas o asignadas y que posteriormente son resueltos por mecanismos propios a la idiosincrasia de países desarrollados – o a través del sistema legal o por negociación directa o por arbitraje extralegal –.

Es apropiado señalar que la condición de requerir ayuda financiera y gerencial de las instituciones financieras globales, obliga a desarrollar planes convenientes a los intereses nacionales, asociados a privatización del sector energético o medidas de transferir activos para su operación por parte de empresas privadas. En consecuencia, esta condición determinará la necesidad de reforzar el ambiente de un futuro mercado competitivo, (a) por la vía de aplicar mecanismos de regulación de mercado y, (b) con el interés de atraer inversión privada y cumplir las expectativas de satisfacer el incremento en demanda de servicios de suministro de energía eléctrica, incrementando la viabilidad económica de las empresas del sector con ajustes tarifarios convenientes; opción ésta última, que siempre ocasiona tensiones entre gobiernos y consumidores.

Está demostrado que la viabilidad económica en las empresas del sector energético, en general se alcanza ampliando la calidad y seguridad del servicio por la vía de reducción de los costos operacionales – transferidos al consumidor – y no sólo aplicando las acostumbradas medidas del tipo “*business as usual*” (sic) – en adelante por sus siglas en inglés: BAU –; como son la extensión de subsidios cruzados o los incrementos tarifarios. Este es el fundamento para construir un mercado energético abierto y competitivo.

La forma en cómo se proponga el alcance y el plazo de ajuste para adelantar un proceso de privatización, es factor de análisis principal (a) para balancear las necesidades de adecuar y construir infraestructura y servicios públicos, (b) a través de la incorporación de nuevos agentes en los negocios operativos y comerciales. Es evidente que los agentes privados y públicos deben superar el piso de rentabilidad del negocio, pero ajustándose a las realidades adquisitivas de la población. Los procesos de privatización deben ser considerados dentro de los factores de análisis como propuesta en el nuevo paradigma de modelo del mercado energético; extendido a los países de ALyC (Martínez-Barruchi, 2019).

Como factor de atención para cumplir los compromisos del concepto de NZE, resulta evidente que de no existir una infraestructura de redes de transmisión y distribución de energía eléctrica que faciliten la conexión entre zonas donde se ubica el recurso energético renovable y zonas en las cuales se practica el consumo de energía, se limitan las

oportunidades para fomentar la construcción de aprovechamientos de generación de energías renovables a costos competitivos.

Es necesario considerar que los tiempos requeridos para expandir la capacidad de transmisión y ejecutar la construcción de nuevas líneas eléctricas de potencia, en la mayoría de los países de ALyC, supera un plazo de 7 años de ejecución de obras (OLADE, 2023). Dificultando el cumplimiento (a) de la visión del ODS 07: Energía Asequible y NO Contaminante en las metas de la Agenda 2030 y (b) de las metas de control del año 2035 en la Agenda 2050.

Es apropiado recordar que, en la lógica de los sistemas energéticos nacionales en ALyC, de acuerdo con ideas propuestas en teorías del DDE desde la década de 1960, ha privado el diseño de ubicar bloques de generación de potencia de la mayor densidad energética aprovechable. En el caso particular de la generación de energía hidroeléctrica, resulta evidente que se desarrollan y ubican en sitios donde ésta se encuentra disponible; y de igual manera que las plantas termoeléctricas de generación de energía, son emplazadas en las cercanías a los centros urbanos, para reducir inversiones en transmisión de energía y bajo el criterio de propiciar el desarrollo industrial en los centros urbanos (Martínez-Barruchi, 2022b).

SECCIÓN II ... Políticas y Estrategias; Venezuela en la economía climática

Al prestar un apropiado examen a la dimensión de los desafíos globales que se presentan al año 2025, producto de la profundidad de crisis económicas y desequilibrios sociales a nivel global, que a su vez inciden sobre el país, se evidencia la necesidad de aceptar que las acciones de gobierno para recuperar orientaciones de un desarrollo sustentable en Venezuela revisten un carácter complejo y requieren de la participación y apoyo de amplios sectores de la sociedad nacional.

Estas orientaciones configuran un asunto de gobierno de especial atención y previenen acerca de la necesidad de propiciar un convencimiento de aceptación general, que, para conseguir ayuda financiera apropiada para reconstruir el país y en cantidades mayores y diferentes a la proveniente de los fondos asociados a la ayuda humanitaria ofrecida para resolver los problemas del corto plazo, es prudente emprender un proceso de indagación acerca de las fuentes de financiamiento foráneo disponibles a través de opciones de inversión de carácter climático y dirigido hacia una pronta inmersión de los sectores industriales y de servicios nacionales, en las prácticas expuestas anteriormente sobre el capitalismo climático.

En las actuales condiciones de profunda crisis social, política y económica por la que atraviesa Venezuela, recuperar orientaciones de crecimiento económico sustentable se muestra como un desafío de gobierno muy elevado a superar. Esta realidad condiciona la necesidad inmediata de orientar

decisiones políticas destinadas a convencer a los agentes de mercado que: las existentes barreras institucionales han sido eliminadas y el país está abierto a la economía y los mercados globales.

Sin embargo, superar la presente crisis del país no sólo reside en centrarse en resolver los problemas institucionales y generar condiciones de mercado que faciliten la búsqueda y obtención de financiamientos en condiciones convenientes, como las relacionadas a facilitar el arranque de los procesos de descarbonización en ámbitos urbanos y sectores industriales del país. Se requiere emprender importantes acciones previas para convencer a la sociedad local y a los gobiernos foráneos, que existen intenciones de adelantar medidas de transformación de las estructuras de gobierno, en el nivel exigido por la transición energética pautada en el contexto de Naciones Unidas, para acometer de manera sincronizada: una política climática comprometida con la visión de la Agenda 2050 y coherente con satisfacer compromisos de la estrategia del DHS.

Venezuela, al ser un país que a través de los últimos cien años ha venido reproduciendo condiciones de una economía centrada en la extracción de recursos naturales provenientes de los hidrocarburos, dispone para los efectos de amplias infraestructuras de soporte a operaciones extractivas, de transformación y logística relacionadas con la industria energética. Circunstancia que, si bien es cierto, por un lado, permitiría acelerar la recuperación económica y disponer de manera continua de ingresos suficientes para construir prosperidad en la población, por otro lado, debería simbolizar un propósito de especial atención para prever efectos negativos de los impactos causados al medio ambiente y las personas; derivada de la evidente condición de ser éste un país con economía fundamentada en la extracción de recursos energéticos y minerales.

No obstante, esta realidad objetiva que identifica con claridad el funcionamiento e incidencia de carácter político y social de una economía nacional centrada en la extracción de hidrocarburos y minerales, los gobiernos de Venezuela todavía no han logrado establecer y desplegar, como aspecto fundamental de un desarrollo generador de prosperidad, y sin derivar en consecuencias ambientales devastadoras, una política energética orientada a:

- (a) satisfacer un consumo oportuno de los recursos provenientes del capital natural, observando requerimientos y principios válidos de sustentabilidad del medio ambiente;
- (b) y promover la eficiencia energética, suministrando energía segura, confiable y asequible, y respaldada en un alto contenido del consumo de energías provenientes de infraestructura asociada a fuentes renovables de generación.

Es evidente que en la Venezuela actual existe un desajuste entre los objetivos que correspondería satisfacer una política energética integral en el aprovechamiento de recursos

naturales disponibles y asociada a protecciones al medio ambiente, orientada a cumplir las NDCs y los objetivos que figuran en leyes nacionales, estrategias y planes de gobierno.

Las medidas de carácter institucional iniciadas por los gobiernos nacionales desde el año 1994 – ver Anexo 01 – para adscribir los tres principales tratados climáticos de la ONU¹⁹, (a) el CMNUCC, (b) el CMP o Protocolo de Kyoto y (c) el CMA o Acuerdo de París, si bien enuncian la disposición de cumplir compromisos ante la ONU para abordar el cambio climático, no deben considerarse como actos de suficiente firmeza para satisfacer los requerimientos básicos de política climática en un país que, como Venezuela, reproduce una economía afianzada en la explotación de hidrocarburos y minerales; y se ubica sobre un territorio nacional con amplia disponibilidad de recursos naturales que compensaría ser explotados observando estrategias de preservación y de desempeño efectivo, en cumplimiento de los objetivos de sustentabilidad en el largo plazo.

Resulta indiscutible que las realidades objetivas de cada país determinan las estrategias para acometer, reforzar y cumplir con determinación los planteamientos del DHS. Enfocados éstos, a establecer objetivos de largo plazo que, como consecuencia directa, condicionan la ejecución de la agenda climática a nivel nacional.

En razón a lo expuesto, iniciar una política climática en Venezuela fundamentada en combinar y adelantar una estrategia enfocada en alcanzar metas y objetivos del DHS y fortalecer los ODS relacionados con la transición energética, con la finalidad de operar como herramienta normativa efectiva correspondería ser considerada e incluida como un componente importante de las soluciones para superar la crítica situación social, política y económica por la que atraviesa el país.

Situación que, adicionalmente a configurar con extrema dureza una realidad de profunda crisis general del país, condiciona cualquier estrategia de desarrollo a largo plazo a concentrarse en resolver e identificar, de manera rápida y eficiente:

- (a) el alcance de las medidas necesarias consideradas clave para adelantar los procesos de reconstrucción asociados a la infraestructura operativa de los sectores industriales, de servicios públicos y habitacionales del país;
- (b) y que, al mismo tiempo, permitan reorientar las políticas de desarrollo económico y social del país,

¹⁹ Los tres principales tratados climáticos de la ONU, son los siguientes:

- (a) la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), perfeccionada a través de las sucesivas COP;
- (b) el Protocolo de Kyoto, en inglés, “*the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol*” (CMP);
- (c) y el Acuerdo de París, en inglés, “*the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement*” (CMA).

observando protecciones al medio ambiente y el cumplimiento de las NDCs.

En relación a la infraestructura operativa de Venezuela asociada a los sectores industriales, de servicios y habitacionales de la población, es una realidad demostrada en el acontecer diario y sólo por la crudeza de las fallas, que estos sectores no se encuentran en condiciones operacionales apropiadas para satisfacer los requerimientos del desarrollo requeridos por un país de economía energética.

Situación que se expresa no tanto por la deficiente gestión del gobierno, que ha extendido a cualquier espacio habitable del país los impactos del daño ocasionado a instalaciones y recursos de personal, sino que, por carencia de inversiones oportunas ha profundizado las limitaciones en prestación de servicios. Producidas éstas, por atrasos en adoptar decisiones destinadas a la actualización de la capacidad operacional de activos asociados a la infraestructura de los servicios públicos.

En particular la infraestructura operativa destinada a satisfacer los requerimientos de movilidad, servicios y habitabilidad en los espacios urbanos del país y dentro de los cuales resaltan: la continuidad en el servicio de agua potable y el suministro de energía eléctrica. Éste último, un activador del desarrollo en las sociedades modernas y que requiere, por lo tanto:

- (a) de la observancia de unas orientaciones muy específicas establecidas en los ODS relacionados con la transición energética y resguardos contra el cambio climático;
- (b) y analizar, definir y establecer cómo articular una política climática demostrativa de impactos positivos al ambiente que afirme las expectativas establecidas en las visiones de los ODS, expuestos en la Figura N° 01, incluida anteriormente en la SECCIÓN I.

Los procesos de reconstrucción de infraestructura, en paralelo a su implementación bajo los criterios del DHS, permitirían reorientar las políticas de desarrollo económico y social del país, contemplando precisas y extensas protecciones al medio ambiente. Acciones que al final, coinciden en el interés de fortalecer y alcanzar objetivos de una política climática efectiva.

El actual nivel de deterioro del medio ambiente experimentado en Venezuela, desde inicios del siglo XXI, configura una situación de crisis real de carácter socioeconómico que obliga a identificar nuevas opciones para emprender medidas de saneamiento ambiental y reconstrucción de la infraestructura. Dirigida ésta, más a adelantar su adaptación y ajuste a lineamientos de transición energética, que de recuperación de la misma para operar bajo condiciones originales de diseño.

Con criterios de política climática, estas opciones facilitarían asegurar unas altas capacidades operacionales que reviertan, al

final, en condiciones apropiadas tanto de prestación de servicios como de los espacios habitables en el territorio de Venezuela. Factores del desarrollo primordiales a ser considerados para: acelerar la obtención de mejoras y alcanzar un nivel de vida mínimo de la población. Un apropiado nivel de vida que, de acuerdo a la Agenda 2030, todo ser humano tiene derecho para satisfacer necesidades sociales que aseguren desarrollar una vida digna.

Para asegurar el derecho a una vida digna de la población en Venezuela, contenida en la estrategia de DHS, es apropiado considerar que reviste de especial relevancia adoptar acciones primarias para proceder, de manera rápida y eficiente, al saneamiento ambiental y reconstrucción de la infraestructura operacional y urbana del país. Adicionalmente y con carácter concurrente, es indispensable demostrar el interés de gobierno y sectores claves de la economía nacional y la sociedad, de adelantar una política climática que certifique el cumplimiento de los compromisos de Venezuela con la agenda climática global; y los objetivos de la transición energética, al 2035.

Como comentario final, sería prudente reforzar el interés de favorecer la difusión de nuevas aproximaciones político-culturales que incorporen, al lenguaje cotidiano de la sociedad, la utilidad y obligación ciudadana de incidir de manera colectiva en las exigencias sobre el cumplimiento de los compromisos adquiridos, por los gobiernos de Venezuela, dentro del ámbito de los acuerdos internacionales orientados a asegurar la implementación de medidas para reducir los impactos del cambio climático. Acción de empoderamiento de la sociedad que debería complementarse promoviendo la difusión de mecanismos de control ciudadano sobre la gestión de iniciativas de gobierno tendientes a reducir desigualdades sociales; éstas últimas, en la Venezuela actual, se manifiestan con claros rasgos de profunda y extensa crisis sistémica.

El desafío político reside en cómo adelantar unas medidas precisas de gestión de gobierno, orientadas a la adaptación de políticas públicas a la agenda climática global, que incidan en mejoras de las relaciones de producción y de convivencia social. Medidas de gestión que, por compromisos de gobierno adquiridos por Venezuela, corresponderían implementarse: (a) vía el fortalecimiento institucional y (b) en observancia de la visión expresada en los ODS. Que es la ruta del DHS.

Venezuela y transición energética ... oportunidades del comercio global de créditos de carbono

Es fundamental considerar que los compromisos de niveles de emisión de CO₂, establecidos en las NDCs, deben ser reducidos en el tiempo y de acuerdo con un programa que asegure alcanzar los objetivos de la Agenda 2050, asociados a la eliminación de emisiones netas de carbono. Compromisos que configuran de por sí una política global que no facilitará habilitar a los países de economías extractivas de recursos naturales provenientes de los hidrocarburos y minerales, al igual que a todos los países con una fuerte base industrial y

grandes centros urbanos, a intentar la posibilidad de evadir el cumplimiento de las acciones de neutralidad climática, más allá del hito del año 2050.

Es por esa razón de obligación de cumplir la agenda global para enfrentar el cambio climático, que los gobiernos están condicionados a identificar mecanismos de ayuda internacional y fuentes de financiamiento que faciliten desarrollar inversiones pertinentes, para lograr un equilibrio entre:

- (a) cumplir las metas de la componente social de los ODS en la visión de la Agenda 2030;
- (b) y asegurar compromisos de alcanzar metas de neutralidad climática en la Agenda 2050.

En aquellos países que disponen de reservas naturales de biósfera o no superan los niveles de emisión de CO₂ establecidos en los compromisos de las NDCs, como Venezuela, y al igual que los procesos de innovación en economías desarrolladas, para obtener resultados satisfactorios los gobiernos deberían enfocarse en propiciar mecanismos de implementación de los instrumentos y prácticas expuestas del capitalismo climático, mostradas anteriormente en la SECCIÓN II.

Instrumentos y prácticas que se aplican con amplia difusión en mercados abiertos y competitivos, que no sólo representan oportunidades convenientes de captación de recursos monetarios directos en dinero efectivo, o por la vía de activar transacciones de carácter financiero para desarrollo de infraestructuras previstas en la agenda climática, sino que facilitan la implantación de reformas institucionales y del marco legal y regulatorio dirigidas a una nueva operación de la economía.

Venezuela exterioriza la disponibilidad de reservas naturales de biósfera y las cuales, antes de concluir el plazo abierto hasta el año 2050, deberían ser aprovechadas como fuente de recursos financieros, promoviendo la apertura del sistema financiero nacional para asegurar la participación en el negocio global del intercambio de instrumentos de inversión relacionado con el comercio de créditos de carbono y los permisos de emisión, de compensación vía bonos verdes o de los créditos por captura de emisiones de GEI. Los instrumentos de inversión climática representan oportunidades de canalizar e incrementar la captación de recursos financieros y configura con claridad, un asunto de atención del gobierno.

Al respecto es oportuno exponer que dadas las condiciones de disponibilidad y promesas de soporte financiero y asistencia técnica comprometidas en la COP26 de octubre del 2021, bajo las perspectivas de alcanzar el escenario del año 2050 y en relación al cumplimiento de la política de NZE, sería adecuado por parte del gobierno nacional aprovechar el largo plazo a recorrer para, sin diferimientos y la incomodidad que generan los cambios o las nuevas orientaciones de gobierno:

- (a) desplegar capacidades presentes asociadas a la explotación de los recursos energéticos provenientes del capital natural aprovechable en el territorio de Venezuela, como vía para obtener recursos financieros y cumplir compromisos de pago de los préstamos dirigidos a la adecuación de la economía y satisfacer exigencias de la componente social de los ODS;
- (b) y ajustar las expectativas de desarrollo económico a largo plazo, en base a las medidas y obligaciones promovidas en las políticas globales para enfrentar el cambio climático.

Venezuela dispone en las cuencas hidrológicas de la margen derecha del río Orinoco de alta capacidad de aprovechamiento hidroeléctrico sobre las cuales, sin embargo, no se establecen planes firmes de acometer una explotación coherente con protecciones climáticas y defensa del ambiente en la total dimensión que significaría su aprovechamiento, y que, a su vez representa:

- (a) así como una imagen a replicar en ámbitos de los piedemontes de las tres Cordilleras de la Costa y la de los Andes, junto a los propios ríos de llanura del país;
- (b) una oportunidad para orientar esfuerzos a recuperar biodiversidad en zonas de influencia de las cuencas y aprovechar el recurso de gestión del agua para usos múltiples.

La gestión del agua para usos múltiples, bajo el concepto de áreas de protección especial prevista en las leyes nacionales del ambiente, permitiría incidir en la implementación de una de las medidas de descarbonización global más eficaces al momento, como es ser sumidero o captador de las emisiones de CO₂. Acción que coincide en promover el máximo desarrollo de los recursos forestales y ampliar la extensión de las superficies destinadas a este tipo de industria. Estos aprovechamientos, por la capacidad intrínseca de absorción de emisiones, son un recurso natural renovable que opera como agente de equilibrio en la contabilidad global de emisiones de CO₂.

Como ha sido expuesto, el desarrollo sustentable de las reservas naturales de biósfera facilita las oportunidades de apertura de nuevos negocios enfocados a competir en el comercio global de créditos de carbono y que, al ser de carácter ambiental, mejorarían la posición negociadora de Venezuela en la búsqueda de financiamientos asociados al desarrollo de la infraestructura de recursos renovables. Adicionalmente, política de desarrollo sustentable que se ubica dentro del conjunto de las metas establecidas por los países en la agenda para enfrentar el cambio climático, aplicando el concepto de NZE.

Es oportuno mencionar que la situación actual de Venezuela al disponer de un Sector eléctrico Nacional (SEN) diseñado para generar, casi un 65% de la energía eléctrica en

base a fuentes renovables de energía, como son las plantas hidroeléctricas y que serán mejoradas al incorporar tecnologías de aprovechamiento de la energía solar y eólica, posiciona al país favorablemente para acometer los programas de la transición energética y cumplir con los compromisos globales dirigidos a alcanzar la neutralidad climática de la Agenda 2050 (Martínez-Barruchi, 2020b).

Condiciones intrínsecas disponibles en el territorio de Venezuela que serían ampliadas a medida que, durante la fase de transición energética, se consoliden las medidas de electrificación de los procesos operativos en la industria, los servicios y los ámbitos urbanos, incorporando:

- (a) los procesos de descarbonización de la infraestructura existente asociada a la generación termoeléctrica, en conjunto con los sectores de industrias destinadas a la explotación y procesamiento de hidrocarburos y minerales;
- (b) y en paralelo, acometer las medidas destinadas a sustitución del actual equipamiento de movilidad personal, fomentando la expansión de los sistemas de transporte

Éstas son oportunidades a ser aprovechadas con el interés de adelantar acciones de gobierno dirigidas a definir a Venezuela como país energético, e interpretando los efectos dinamizadores de la transición energética, acelerar la adopción de medidas orientadas a desplegar una economía nacional fundamentada en la electrificación de los procesos operativos de la sociedad.

El objetivo de esta acción perseguiría orientar los esfuerzos de gobierno a construir suficiente capital humano/intelectual destinado a afrontar los cambios tecnológicos que acompañan a la transición energética y operar una economía centrada en gestión de procesos de alta tecnología y uso expandido de aquellos dispositivos electrónicos y sistemas robotizados, que aseguren agilizar y hacer efectiva la interconexión ciudadana. Propiciando iniciativas para incrementar la participación de la ciudadanía en las decisiones públicas; y en todos los niveles de gobierno.

Las inversiones para adelantar los procesos de transición energética son de magnitud elevada y conseguir financiamientos apropiados configura un asunto de gobierno de especial atención. Implementar decisiones políticas claves para atender las necesidades básicas de la sociedad y de manera concurrente, otorgarles viabilidad a soluciones técnicas para reconstruir la infraestructura urbana, industrial y de servicios del país, obligarán a la búsqueda de nuevas fuentes de financiamiento en unos escenarios globales muy competitivos; por la indisponibilidad presente de recursos financieros.

Ésta es una búsqueda de fuentes de financiamiento bajo condiciones en las cuales, un número importante de países ya se encuentran accionando acuerdos financieros con diferentes agentes de la banca multilateral y los organismos de asistencia

técnica y ayuda económica de bloques de los países desarrollados – UE, sudeste asiático, banca regional interamericana –, para superar el impacto de la pandemia del COVID-19; y los desajustes económicos causados por la dureza de la presente crisis política a nivel global, de pronóstico claro de extenderse en el tiempo. Países que en la realidad actual disponen de estructuras jurídicas y económicas comprobadas en la tradición de mercados abiertos; y en su mayoría, se encuentran en mejores condiciones sociales, económicas y políticas para asumir compromisos de deuda e implementar medidas de pago, que Venezuela.

En base a esta fuerte competencia por fuentes de financiamiento a nivel global, no es prudente obviar la realidad vigente expresada por los organismos multilaterales en el interés de reconocer que, el marco legal y jurídico de un país es un factor importante en la toma de decisiones del sistema financiero global para el otorgamiento de préstamos; sobre todo, aquellos orientados a fortalecer, a través de inversiones, medidas que impulsen crecimiento económico de los países.

Las decisiones políticas deberían considerar, como enfoque estratégico, lo determinante que es adoptar por parte del gobierno nacional, medidas precisas de carácter legal para propiciar la concurrencia mayoritaria de inversionistas privados en las agendas de reconstrucción de la infraestructura operacional del país (Martínez-Barruchi, 2022c y Martínez-Barruchi, 2022d). Y de no disponer Venezuela de suficiente credibilidad afianzada en la claridad y confianza que deberían ser mostrados en aquellos instrumentos legales orientados a asegurar que, los procesos de reforma social y económica y apertura al capital privado no se materializan sólo en “intención gubernamental” (sic), será difícil lograr la consecución de fuentes de financiamiento en condiciones apropiadas. Como resultado de esta condición, se limitan las posibilidades de orientar el desarrollo del país en una ruta de fortalecimiento de la democracia y generación de prosperidad en sus habitantes.

Venezuela... Desafíos de la Agenda 2030 y activación de los Acuerdos de la COP26

Al respecto de la credibilidad del país para lograr la consecución de nuevas fuentes de financiamiento en condiciones apropiadas y que configura, en lo inmediato, un asunto de especial atención del gobierno, se comentan a continuación, y brevemente, algunos de los desafíos que representarían para Venezuela menospreciar o asumir compromisos de la Agenda 2030 y propiciar la activación de los acuerdos alcanzados en la COP26 de octubre del 2021, relacionados éstos, con:

- (a) cumplir las condiciones para participar en el denominado Programa de Financiación;
- (b) y asumir la responsabilidad de implementar medidas para reducir las emisiones globales de gas metano de carácter antropogénico.

El asunto de emisiones o fugas de gas metano se reviste de una particular atención en países de economía dependiente de los hidrocarburos, por la incidencia de derivar en una apreciación negativa de los organismos financieros internacionales al mostrar, a través de fuertes evidencias palpables, que no se han adoptado medidas apropiadas para superar o eliminar una típica falla de mercado denominada externalidades climáticas; que son de carácter negativo (CEPAL, 2017).

Dentro de los tres objetivos globales principales del CMA o Acuerdo de París, resalta por su importancia el Programa de Financiación. Al respecto en la COP26 fue acordado comprometer y direccionar esfuerzos, de parte de las economías desarrolladas, con el interés de extender los montos en fondos disponibles y constituir nuevas fuentes de financiamiento enfocadas a permitir a los países cumplir con sus objetivos climáticos; éste es un objetivo a ser canalizado, con total independencia del grado de desarrollo alcanzado en las respectivas economías nacionales.

Por parte de los gobiernos de los países donantes y receptores, se estableció el compromiso adicional de aceptar que los desempeños en la aplicación de fondos de ayuda sean objeto de control sistemático y ejercido a futuro, por agencias específicas de ONU y de los países donantes.

De los términos del Acuerdo Final de la COP26, conviene extraer y resaltar dos intenciones destinadas a incrementar la disponibilidad de recursos financieros de ayuda orientados a mitigar los impactos del cambio climático y adelantar acciones que aseguren cumplir los compromisos de reducción de emisiones de GEI; con un énfasis especial dirigido, hacia países en desarrollo.

La primera intención se relaciona con el compromiso de las economías desarrolladas, en un plazo que se cumple en el año 2025, de duplicar los montos del actual fondo de adaptación de países con economías en desarrollo; y, continuar suministrando los recursos monetarios necesarios hasta alcanzar un monto con una cifra cercana a US\$²⁰ 40 mil millones.

No obstante, el texto subraya: la necesidad de movilizar la financiación climática "*... de todas las fuentes para alcanzar el nivel necesario para lograr los objetivos del Acuerdo de París, incluido el aumento significativo del apoyo a los países en desarrollo, más allá de 100.000 millones de dólares al año ...*", – ver: UNFCCC, 2021a; UNFCCC, 2021b y COP26, 2021b –,

La segunda intención se relaciona con establecer de manera independiente, y en paralelo a los mencionados fondos financieros de ayuda, otro instrumento de ayuda internacional para los países con menos recursos y/o más vulnerables, que se concibe enfocado como mecanismo de control de daños y pérdidas para recuperar el alcance de impactos sociales y en infraestructura causados por fenómenos extremos vinculados

a la crisis climática – elevación del nivel de los océanos, sequías, lluvias extremas, colapsos de la economía –. Para los efectos se constituyó un nuevo instrumento financiero denominado “Diálogo de Glasgow sobre Daños y Pérdidas”²¹.

Es oportuno comentar que el Programa de Financiación, ajustado a los términos del Acuerdo Final de la COP26, configura en lo inmediato un asunto de particular atención por el gobierno de Venezuela, tomando en consideración que, durante la COP26 34 países y 5 instituciones financieras públicas anunciaron que:

- (a) durante el año 2022 suspenderán el apoyo internacional a nuevas inversiones del sector energético relacionadas con combustibles fósiles – carbón e hidrocarburos –;
- (b) y al mismo tiempo exhortaron, a las instituciones financieras privadas y a los bancos centrales, a comenzar a reorientar inversiones y soporte financiero hacia programas y proyectos energéticos inscritos, bajo el interés de alcanzar objetivos de eliminación de emisiones netas de carbono, de la Agenda 2050, es decir, implementar el concepto NZE.

Con esta intención, en conjunto, se conforma un nuevo objetivo estratégico de financiamiento vinculado a superar la crisis climática en un escenario posterior al año 2025. Una acción a ser implementada por los gobiernos, que se traduce en acelerar el impacto de las medidas de descarbonización de los países para cumplir con la visión de la Agenda 2030.

Las acciones, mencionadas al principio del presente aparte, para detener las emisiones o fugas de gas metano, es un asunto de particular atención en los países de economía dependiente de los hidrocarburos. Desde el punto de vista técnico-científico, reducir emisiones de metano es la forma más efectiva en costo – es decir, rentable – de frenar rápidamente el aumento de la temperatura global. Razón por la cual, durante la COP26, un total de 103 países adscribieron un Compromiso de carácter global, promovido por USA y la UE en fecha 2 de noviembre del 2021, para reducir las emisiones globales de metano en un 30% para el año 2030²² (COP26, 2021c y COP26, 2021d).

El objetivo de reducir emisiones de metano coincide en el interés de tratar de cumplir al menos, con la meta de controlar los incrementos de la temperatura media del Planeta en 1,5° C; como lo establece la COP21 de París. Es preciso señalar que, dentro de estos países, que representan casi la mitad de las emisiones antropogénicas de metano y coinciden con el 70% de la economía mundial, Venezuela con una economía centrada en la explotación de hidrocarburos no participa del Compromiso – ni tampoco Paraguay y Bolivia –; a pesar de ser una acción adoptada por la mayoría de las

²⁰ Se refiere a dólares de los Estados Unidos de América (US\$).

²¹ En inglés, “Glasgow Dialogue on Loss and Damage” (GDLDD).

²² En inglés, “the Global Methane Pledge”.

naciones sudamericanas y caribeñas. Una situación que amerita ser corregida en el futuro inmediato.

También es conveniente mencionar que, el 25% del calentamiento global actual es impulsado por emisiones de metano de carácter antropogénico. Estando demostradas las evidencias que los generadores conspicuos de mayor impacto ambiental coinciden con (a) industrias asociadas a petróleo y gas – 35% de impacto por venteo²³ a la atmósfera –, (b) la producción agropecuaria – 40% de impacto – y, (c) los vertederos de desechos sólidos y efluentes de los núcleos urbanos.

Los actuales niveles de concentraciones de metano en la atmósfera terrestre se encuentran por encima de los estimados en los escenarios proyectados al 2° C de la brecha de temperatura. En consecuencia, el objetivo de alcanzar una reducción de 1,5° C, previsto en el Acuerdo de París, no se puede lograr a un costo razonable sin adoptar previamente decisiones drásticas para alcanzar la meta de reducir en 40% las emisiones de metano en el año 2030 (PNUMA, 2021; IPCC, 2013 y WB, 2023).

Como bien ha sido expuesto, tanto en el mencionado Sexto Informe del IPCC como en el Acuerdo Final de la COP26, la realidad muestra que los resultados obtenidos a la fecha, vía los compromisos de los países, no favorece la intención de alcanzar esa meta del 40% de reducción de las emisiones de metano.

El inconveniente asociado al metano es tener la característica de ser:

- (a) 86 veces más dañino que los impactos generados por la huella de carbono y ser un gas con alto factor de polución, aunque de corto plazo de vida (SLCP)²⁴ comparativamente al CO₂, se mantiene presente sobre la atmósfera del Planeta al menos durante 12 años;
- (b) y dentro de los GEI polutantes del aire se considera un precursor del ozono troposférico y un ingrediente clave en la formación de ozono a niveles bajos de la superficie terrestre²⁵.

Los países han asumido estrategias particulares de reducción de metano y este esfuerzo es el primer enfoque coordinado y unificado para financiar, desarrollar e implementar, soluciones viables a la creciente crisis generada por el incremento de emisiones de metano en la atmósfera. Y destinado a promover este tipo de estrategias de mitigación, en la COP26 fue oficializada la constitución de un fondo de US\$ 328 millones; por parte de organizaciones filantrópicas globales.

El Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo, el Banco Europeo de Inversiones y el Fondo Verde para el Clima se han comprometido a apoyar el Compromiso a través de asistencia técnica y financiación de proyectos. La Agencia Internacional de la Energía (IEA) también actuará como asociado en la implementación de proyectos y programas.

Por las condiciones observadas de deterioro en la infraestructura operativa del país asociada a (a) gestión de desechos sólidos y efluentes de los núcleos urbanos y (b) la industria energética en general, en particular la asociada al transporte y suministro de gas metano del país, es prudente considerar que, a partir de la COP27, celebrada en Sharm El Sheikh, Egipto en Noviembre del 2022, Venezuela se encuentra sometida a presiones internacionales con el interés de formalizar medidas para reducir las emisiones de metano. Presiones que se traducirán en nuevas restricciones a ser impuestas para limitar que el país logre activar las transferencias de fondos de ayuda y asistencia técnica; configurando un asunto de especial atención del gobierno.

De cualquier manera, es prudente valorar estas medidas acordadas durante la COP26, que independientemente del incremento de montos contemplados como fondos de ayuda, restringen y condicionan las aprobaciones de recursos de ayudas financieras hacia países en desarrollo. Y con particular incidencia en aquellos que disponen de economías fundamentadas en extracción de recursos energéticos y minerales.

Sería pertinente considerar que la Venezuela del presente es una economía fallida, centrada en explotación de hidrocarburos y con pocas ventajas comparativas naturales que permitan, con recursos propios, (a) poder financiar, en el corto plazo, la reconstrucción de la infraestructura operativa del país y (b) en el mediano plazo, reorientar la economía para generar riqueza. En consecuencia, una oportunidad de lograr la canalización de transferencias de recursos no podría ser toda resuelta con una acción del gobierno nacional, decretando y sin bases sólidas, la intención de implementar una economía nacional fundamentada en electrificación de procesos operativos de la sociedad; que es un fundamento de las medidas de descarbonización derivado del compromiso del actual gobierno en los NDCs y un requerimiento vital de la Agenda 2050.

El inconveniente que se le presenta al gobierno de Venezuela es internalizar que, adelantar una economía fundamentada en electrificación de procesos implica, no sólo: (a) reorientar las políticas de desarrollo económico y social del país, observando protecciones al medio ambiente y (b) en paralelo activar las medidas orientadas a acometer procesos de reconstrucción para recuperar y adecuar la infraestructura operativa del país. Si bien, ambas medidas de políticas públicas involucran ingentes fuentes de financiamiento, requieren adicionalmente de establecer un conjunto de acciones previas destinadas a la elaboración de una política climática nacional; que en la realidad involucra agilizar la construcción de fortalezas institucionales (Acemoglu, 2008).

²³ En inglés “flaring”.

²⁴ En inglés, “short-lived climate pollutant” (SLCP).

²⁵ En inglés, “ground-level ozone” o “smog”.

Al momento, con el daño al ambiente causado por los procesos extractivos promovidos por el gobierno nacional y el deterioro de la infraestructura operativa del país, en particular la energética en su totalidad y junto a la suministradora de los servicios sanitarios y control de efluentes, que impacta a todo el ámbito social, resulta evidente la dificultad para que, sin disponer de una política climática nacional, Venezuela pueda participar en el mencionado Programa de Financiación.

La construcción de fortalezas institucionales en base a objetivos de crecimiento económico y generación de prosperidad en la población, combinando aperturas de mercado y medidas de reducción de desigualdades y pobreza, es el requisito fundamental para que un país como Venezuela, con una economía centrada en la extracción de hidrocarburos y minerales, pueda ser considerado como eventual receptor de financiamientos acordados bajo la COP26; como los asociados a resguardos contra el cambio climático y las ayudas para la transición energética.

En economías centradas en la extracción de hidrocarburos, eliminar emisiones de carbono e implementar el concepto NZE, implica que, (a) las ayudas para adelantar la transición energética estén orientadas a lograr esfuerzos de gestión pública y (b) en beneficio de extender capacidades de sostenibilidad democrática, consolidar unas estrategias de largo plazo enfocadas en mantener ritmos de desarrollo sustentable; en base a objetivos y metas conducentes al escenario del 2050.

SECCIÓN III ... Panorama del capitalismo climático del siglo XXI en Venezuela

Procesos de descarbonización en la infraestructura energética industrial del país

La crítica situación que limita la capacidad operacional de activos de la infraestructura industrial, de servicios y habitacional del país, en especial de la Industria Petrolera y Petroquímica Nacional (IPPEN), evidencia un entorno de restricciones recurrentes que obstaculizan sostener ritmos de flujos estables de producción en las cadenas de valor de los sectores industriales y de servicios.

Una situación de pérdida de capacidad operacional que impulsa condiciones de estancamiento en los sectores productivos, sean éstos de propiedad pública o privada, y que, por la carencia de disponibilidad de recursos de capital financiero y capital humano, podría convertirse en un factor determinante que obligaría diferir medidas de gobierno encaminadas a adecuar la infraestructura operacional del país y acometer los programas de adaptación requeridos por la transición energética.

Los gobiernos futuros del país tendrán la responsabilidad de adelantar políticas climáticas y una transición energética, que con un distintivo propio no sólo se encuentran enfocadas en

maximizar procesos de electrificación en la casi totalidad de actividades cotidianas de una sociedad moderna, sino en activar importantes inversiones en procesos de descarbonización industrial que faciliten extender la vida de los activos; cumpliendo así, con las normativas de la política climática global.

Esta acción de adecuación de infraestructura significa adelantar y comprometer importantes inversiones en desarrollo e implantación de nuevas tecnologías destinadas a reducir los impactos de cambio climático y, en la visión de la Agenda 2050 de neutralidad climática, cumplir con la orientación de activar mecanismos de protecciones climáticas a lo largo de toda la infraestructura operacional de Venezuela. Visión que, para coincidir con los programas asociados a una estrategia de desarrollo sustentable, requiere de identificar y acometer medidas tempranas para adelantar las políticas climáticas.

De la observación de las experiencias en activación de los procesos de transición energética implementadas con éxito por otros gobiernos de países en desarrollo, también con una marcada dependencia económica del negocio energético de los combustibles fósiles y la extracción de minerales, se aprecia que, por el alto nivel de inversiones requeridas y en paralelo a las acciones de reducción de efectos negativos de los impactos ambientales, ha resultado conveniente emprender una planificación de largo plazo enfocada a crear riqueza, disminuir desigualdades y fortalecer la justicia ambiental.

Ejecutar una planificación de largo plazo que sea activadora de gestiones para alcanzar equilibrios entre un consumo apropiado de recursos naturales y las medidas para asegurar la sustentabilidad del medio ambiente, condiciona las acciones del gobierno nacional a buscar un equilibrio entre: (a) cumplir las metas de la componente social de los ODS, en la visión de la Agenda 2030, y (b) asegurar los compromisos para alcanzar las metas de neutralidad climática, de la Agenda 2050.

En caso contrario, está demostrado que las políticas climáticas, por los compromisos que demandan de la sociedad para orientar flujos de ingresos hacia nuevas inversiones climáticas, significan un carácter regresivo y se constituyen en unos incrementos desproporcionados del costo de vida que son transferidos a la población; quienes al final son los que asumen las respectivas cargas fiscales. Y es por esta razón que sería conveniente adelantar la transición energética a través de un entendimiento apropiado de la compleja situación actual de Venezuela, por medio de definir los términos de acción climática a ser adelantados y las diligencias orientadas a superar las restricciones institucionales presentes.

Para alcanzar y lograr en la agenda climática unos niveles de desarrollo eficientes, convendría que las acciones del gobierno nacional adapten y contrasten medidas de implementación y los progresos obtenidos, a través de los indicadores de control de resultados que ya han sido establecidos en la

normativa de los programas de la transición energética; y descarbonización. En la realidad, es a partir de las revisiones de resultados, realizadas por oficiales de los organismos internacionales de ayuda y las agencias multilaterales, que se interpretarán y analizarán los progresos en las políticas públicas enfocadas a ejecutar las acciones de recuperación, reconstrucción y adecuación de la infraestructura operacional del país. Unas revisiones que dedicarán especial atención a valorizar los resultados obtenidos por medio de las mejoras practicadas en convivencia social y el fortalecimiento de la democracia; de acuerdo con la visión del ODS 16: Paz, Justicia e Instituciones Sólidas.

Los procesos de descarbonización de la industria energética nacional coinciden con unas acciones que ya han sido reguladas con los compromisos adquiridos por el gobierno de Venezuela en el ámbito de Naciones Unidas y que deberían enfocarse, en una primera aproximación, identificando cómo adelantar las hojas de ruta destinadas a reforzar objetivos de reducción de emisiones de CO₂ y GEI en el país; para cumplir con la meta de neutralidad climática global de la Agenda 2050.

Este condicionamiento de identificación y ajuste de los alcances en las hojas de ruta, facilitaría la comprensión acerca de cómo incorporar, dentro de las políticas de reconstrucción de activos de la infraestructura operacional del país – industrial, servicios, habitacional –, novedosas estrategias contentivas de unas medidas técnicas de descarbonización oportunas de ser consideradas factibles y rentables para recuperar su inversión, antes de alcanzar cumplir la vida útil de los activos.

Para efectos prácticos, los procesos de transición energética adelantados en países que disponen de una firme agenda climática, centran el interés de las medidas de arranque de los procesos de descarbonización en intensificar la electrificación de procesos operativos de la sociedad, incidiendo en la eliminación de consumos de combustibles fósiles, vía su sustitución en los sistemas de movilidad y transporte y a nivel residencial; y por supuesto, en las industrias y los servicios públicos.

En el inmediato plazo, resulta primordial afrontar que las condiciones para identificar los alcances de las hojas de ruta configuran un desafío cardinal en el ejercicio del gobierno nacional, que obliga a evaluar: cómo asegurar la organización de medios técnicos y financieros eficaces orientados a la recuperación, reconstrucción y adecuación de la infraestructura operacional del país, para iniciar las actividades de descarbonización de las infraestructuras energéticas.

Medios eficaces de adecuación de infraestructura que convendría se definan enfocados en mostrar los incentivos de generar prosperidad en la población, en base a orientaciones específicas de DHS que propicien un aprovechamiento responsable del factor de capital natural disponible – extracción y explotación de recursos –, conforme a un crecimiento adecuado de instalaciones asociadas al factor de

capital producido o manufacturado – infraestructura industrial y de servicios –.

Panorama general de los procesos de descarbonización en la infraestructura de la IPPN

En la actualidad los procesos de descarbonización asociados al sector industrial energético que se encuentran en ejecución a nivel global, a través de las cadenas de valor de la extracción de hidrocarburos, las plantas de refinación y mejoradores de petróleo y gas, petroquímicas y de gasificación y las termoeléctricas, vienen siendo adelantados por medio de la implementación de opciones tecnológicas que se encuentran disponibles, probadas debidamente y que concurren en el mercado global en condición de operación a gran escala; facilitando la rápida implantación industrial. E incluyendo dentro de éstas, los dispositivos de captura, utilización y secuestro del carbono (CCUS)²⁶.

Los procesos de descarbonización del sector industrial energético están orientados a sustituir aquellos equipamientos que requieren, para su operación, consumir productos y combustibles de origen fósil. E independientemente que éstos sean unos combustibles producidos en procesos internos de combustión en las instalaciones de procesamiento de hidrocarburos y sus derivados, que en algunos casos podrían colindar con los criterios al uso en reciclaje de subproductos o de conceptos de la economía circular destinados a mejorar la eficiencia en consumo de recursos de los procesos de manufactura, tienen como característica principal ser agentes causantes de las altas temperaturas que se experimentan en el ámbito de los sitios de ubicación de esas instalaciones. Y fuente de impacto climático, por el exceso de las emisiones de CO₂ y de GEI.

La sustitución del equipamiento asociado a procesos técnicos de alta temperatura en el sector industrial energético nacional, con el objetivo de acondicionar las instalaciones para maximizar el uso de la electricidad en los procesos industriales de producción de derivados de los hidrocarburos y manufactura de productos, y cuya materia prima sean recursos naturales de origen fósil, requiere como contrapartida activar medidas para desarrollar y disponer de un sistema de generación y suministro de energía eléctrica lo suficientemente robusto para satisfacer una operación estable de los procesos industriales.

Con idéntico sentido y a lo largo del territorio de Venezuela, que debe considerarse como un país de economía energética, expandir la implementación de los procesos de descarbonización requiere de acciones de gobierno dirigidas a intensificar la electrificación hacia el mayor número de los procesos operativos de una sociedad moderna – industriales y comerciales, servicios públicos y transporte, residenciales – y disponer de suficiente capacidad operacional para satisfacer, con mayor eficiencia energética y nuevo equipamiento

²⁶ En inglés, “carbon capture, utilization and sequestration or storage” (CCUS)

relacionado con la implantación de tecnologías de aprovechamiento de recursos energéticos renovables, la demanda derivada de la expansión del incremento en los consumos de energía eléctrica.

Ampliar la capacidad existente de generación de energía eléctrica, observando medidas de descarbonización y de aprovechamiento de recursos renovables, podría coincidir con la búsqueda de equilibrios de compensación de emisiones de CO₂ y de GEI, vía implementación de recursos renovables disponibles en el país y coincidentes con: (a) la alta capacidad de aprovechamiento hidroeléctrico que aún no ha sido explotada, y (b) el desarrollo del recurso forestal. Éste, un agente de equilibrio en la contabilidad global de emisiones de CO₂, por la capacidad de absorción de carbono; que, aplicando el concepto de neutralidad climática, abre oportunidades financieras vía el intercambio de créditos y permisos de emisión.

No obstante, son acciones de gobierno que deberán estar justificadas en un balance apropiado entre las condicionantes de carácter tecnológico y los requerimientos técnicos de entrenamiento de los recursos productivos de labor, los cuales podrían modificar, vía incremento de costos de implantación, el alcance de las inversiones requeridas. Asunto de atención

Convendría adelantar una caracterización preliminar de condicionantes técnicos, enfocando aquellos aspectos del costo de repotenciación y adaptación de la infraestructura energética existente, al cumplimiento de la visión de la Agenda 2050, que faciliten adoptar decisiones sobre bases reales que exploten las oportunidades de inversión y los programas de adecuación:

- (a) analizando la disponibilidad de transporte en el sistema de gasoductos – considerando que las reservas de metano del país propiciarían su uso como combustible de etiqueta climática, durante la transición energética²⁷ – de los requerimientos de tecnologías de CCUS y el impacto en inversiones en preparación técnica de recursos de labor;
- (b) y contrastando estas capacidades de suministro e inversiones, con las proyecciones de crecimiento y expansión de la demanda del servicio de suministro de energía eléctrica.

Estos condicionantes técnicos precisan de un análisis descriptivo de los aspectos generales necesarios para identificar las bases programáticas de una transición energética nacional, enfocada ésta en los compromisos de la Agenda 2050 y asociada a la implementación de los nuevos procesos de descarbonización en la industria energética del país. Que, sin embargo, continuaría centrada en respaldar a largo plazo la continuidad operativa del sector de explotación y procesamiento de hidrocarburos, y la producción de derivados de combustibles fósiles disponible en la IPPN.

En ese sentido y aplicando los criterios de una transición energética sistemática, que implica adelantar cambios en los modelos de producción, distribución y consumo de la energía para evitar las emisiones de CO₂ y de GEI, debería considerarse que el objetivo cardinal del proceso de descarbonización de la infraestructura operacional de la IPPN reside en: extender los ciclos de vida útil de los activos, con medidas apropiadas de adecuación tecnológica para retrasar los plazos de ejecución de las inversiones de descomisionamiento de instalaciones; previstas en la industria energética global. Un condicionamiento clave para alcanzar la neutralidad climática.

Es apropiado observar que el proceso de descarbonización en países que, como Venezuela, dependen de una economía sustentada en la explotación de recursos naturales de origen fósil, está condicionado o limitado a las posibilidades técnicas de sustituir las instalaciones térmicas e incrementar con agilidad la capacidad de generación de potencia asociada a la expansión de la nueva demanda del servicio de energía eléctrica; prevista en la masificación de los procesos de electrificación. Y lo anterior, en base a cumplir las metas del escenario del año 2040, fecha en la cual se deberán solventar expectativas instituidas en la visión del ODS 7: Energía Asequible y NO Contaminante, de satisfacción de la demanda; y concluir la implantación y puesta en operación de nueva infraestructura para masificar el consumo de la energía eléctrica.

Esta condicionante requiere confrontar de manera efectiva las medidas para superar, tanto la presente crisis política, social y económica por la que atraviesa el país, cómo para activar las acciones de la agenda climática con una visión multidimensional que articule economía, sociedad y ambiente; asegurando cumplir la visión de los ODS al mediano plazo y del DHS, al largo plazo.

Al final, incidiendo en identificar alianzas y opciones de resolución de conflictos para acometer la transición energética, dentro de la visión del ODS 17: Alianzas para lograr los Objetivos, correspondería que los análisis acerca de los desafíos a enfrentar fuesen adelantados en base a la valorización de los diferentes escenarios proyectados al año 2050. Enfocados éstos, en examinar una ubicación apropiada de la IPPN centrada en expectativas factibles de adecuación de infraestructuras y el contraste con las oportunidades de nuevos negocios a ser insertados dentro las tendencias de crecimiento en aquellos mercados globales, que son

²⁷ Nota: el gas natural, que es un combustible menos dañino al ambiente, la Comisión Europea (CE) ha considerado incluirlo junto a la industria nuclear, dentro de la nueva taxonomía o sistema de clasificación que establece la lista de actividades económicas ambientalmente sostenibles, bajo la etiqueta de “combustibles verdes” (sic) (EU, 2022). Decisión que facilita a la industria energética global la toma de decisiones coherentes, con el interés de redireccionar inversiones para incrementar la extracción y producción de gas; o de eventuales recuperaciones operativas de negocios paralizados.

consumidores de productos sintéticos provenientes de hidrocarburos manufacturados en las corrientes de transformación de las industrias de refinación y petroquímica.

La clave de decisión sobre las inversiones comprometidas con la agenda climática en la IPPN estará dimensionada en función de la capacidad de penetración de los mercados foráneos con nuevos productos manufacturados, a través de los procesos de transformación de los insumos derivados de los hidrocarburos y que éstos puedan ser reconocidos, bajo criterios de resguardo y protección ambiental.

Convendría complementar la valorización de estos escenarios con la identificación de las ventajas inherentes de lograr un balance entre (a) la proyección de los consumos de energías provenientes de los combustibles fósiles, y (b) la búsqueda de equilibrios de compensación en la contabilidad global del CO₂; por la capacidad de absorción de carbono de los recursos renovables disponibles en el país e incrementos en consumos de energías generadas de fuentes renovables.

Estos análisis facilitarán disponer de un mayor conocimiento acerca de los impactos derivados en operaciones de la IPPN, asociados a la correspondiente intensidad de carbono equivalente generado; junto al nivel de emanaciones de metano y las emisiones de CO₂ y de GEI transferidos al ambiente. Y, permitirá disponer de datos con mayor precisión para estimar el alcance de las desviaciones experimentadas en el país y de las medidas a ser ejecutadas para cumplir con los compromisos adquiridos en las denominadas NDCs. Una desviación de los acuerdos climáticos de la COP26 que deben ser satisfechos en un plazo inmediato por Venezuela; y originada por un segmento vital de la economía nacional, como es la industria energética de origen fósil.

Visión de los procesos de descarbonización en la infraestructura industrial de Venezuela

Es oportuno comentar que satisfacer la demanda de servicios de energía eléctrica a los sectores industriales, comerciales y residenciales, incrementando la capacidad instalada en las plantas de generación termoeléctrica con nuevo equipamiento de turbogeneradores a gas o a vapor, y ampliando la capacidad de transporte de energía eléctrica de la infraestructura de transmisión y distribución, podría resultar en una inexcusable necesidad impuesta por las estrategias de desarrollo del país.

Para efectos prácticos, al final resulta que, como una situación indiscutible y afianzada en el propio diseño de la mezcla de generación hidrotérmica actual del SEN, cumplir con el requerimiento de satisfacer la demanda de servicios de energía eléctrica, considerando opciones de desarrollo del país a partir del aprovechamiento del capital natural disponible en el territorio nacional involucra, en el mediano y largo plazo:

- (a) organizar y reglamentar un sistema de generación y suministro del servicio de energía eléctrica nacional confiable y suficientemente robusto para responder,

bajo criterios técnicos de operación estable, las expectativas del crecimiento continuo de la noción de bienestar que amerita una sociedad moderna;

- (b) y asegurar disponer en condición de operación eficiente, suficiente capacidad instalada de potencia proveniente de las plantas de generación termoeléctrica con turbogeneradores a gas o a vapor que permitan complementar márgenes de seguridad operacional requerida en sistemas de energía proveniente de nuevas fuentes de recursos naturales renovables, que, diferente a la hidroeléctrica, tiene carácter intermitente – energía solar o eólica –.

Estos requerimientos operativos del SEN, los cuales se incrementarán en la medida que se activen nuevos procesos de descarbonización y expansión de la demanda de la energía eléctrica, como resultado de la mayor densidad de consumo propiciada a través de nuevos equipamientos y sistemas que operarían con electrificación directa, precisa aclarar que no es oportuno continuar considerando a la generación termoeléctrica como la única fuente causante de emisiones de CO₂ y GEI – estas últimas, las resultantes en óxidos de Nitrógeno (NO_x) y ácido sulfhídrico (H₂S)²⁸ –. Si bien resulta evidente que, al respecto, se deben adoptar urgentes acciones de protección ambiental.

La adopción de urgentes acciones de protección ambiental en las plantas termoeléctricas del SEN, no puede ser enfocada bajo la óptica de instalar o acondicionar dispositivos de captura de contaminantes y efluentes previstos en los diseños y proyectos originales. Que son coincidentes con opciones típicas de corrección de externalidades y que, hasta el momento, lo que han favorecido, es la percepción que las empresas del SEN fueron en su momento, respetuosas con el ambiente.

Los procesos actuales de transición energética acordados desde la COP21 de París, en el contexto de medidas para enfrentar el cambio climático, articulan la adopción de herramientas factibles orientadas hacia la descarbonización de los procesos industriales; como la sustitución de equipamientos e insumos de baja huella de carbono y las acciones de la economía circular (COP21, 2019 y Martínez-Barruchi, 2022c y Martínez-Barruchi, 2022d). Y que, en su defecto, cuando no resulta eficaz, podrían favorecer la instalación de dispositivos de CCUS (LSE, 2020).

²⁸ Nota: Las evidencias demuestran que el impacto generado sobre las condiciones del clima en los ámbitos urbanos, usualmente en niveles más elevados de emisiones contaminantes al ambiente que los producidos por las plantas termoeléctricas, corresponde a ciertos sectores industriales y en particular, al sector del transporte público y privado; por la extensión en densidad de unidades con motores de combustión interna y la diversidad de tecnologías aplicadas por los medios de locomoción modernos.

Ver explicación sobre impactos de la intensidad de carbono de los motores de combustión en la SECCIÓN IV.

En correspondencia, es sensato considerar que, (a) si la adopción de decisiones de descarbonización se sustenta sólo en las intenciones de ampliar la sustitución de los dispositivos mecánicos y el equipamiento determinados por los sistemas de transferencia de calor – hornos, calderas, intercambiadores, turbogeneradores, bombas –, por sistemas de electrificación directa, (b) si bien es cierto que reducen drásticamente la demanda del consumo de combustibles fósiles en las instalaciones industriales, (c) genera como consecuencia inmediata unos aumentos de la demanda instantánea de energía eléctrica.

De ahí deviene el interés de centrar la transición energética en adelantar un proceso por etapas convenientes que permitan progresar en la reducción apropiada del número de plantas de generación termoeléctrica existentes; y en la medida que sea factible, implementar su sustitución paulatina por equipamientos asociados a generación de energías favorables al ambiente.

Las emisiones de CO₂ y GEI causadas en los procesos operativos de los sectores industriales provienen de diversas fuentes. Fuentes usualmente dependientes de la mayor o menor densidad de instalaciones que sean requeridas en los procesos de manufactura de productos o de transformación de materias primas, del equipamiento de sistemas de transferencia de calor o de intercambio térmico. A manera de ejemplo se tiene, las plantas de reducción de hierro para la producción de pellas y briquetas en Ciudad Guayana o las plantas de la industria petroquímica de fertilizantes y manufactura de resinas, los cuales son procesos de producción con característica de ser intensivos en utilización de sistemas de transferencia de calor.

Dentro de estos procesos industriales es apropiado incluir aquellos que operan bajo aumentos relevantes en consumo de combustibles fósiles, requeridos en la generación directa por medio de la inmensa cantidad de plantas termoeléctricas de emergencia en industrias, comercios y viviendas. Una situación expandida en Venezuela por la crisis del sector eléctrico.

Las instalaciones en los sectores industriales son diseñadas en base a procesos de manufactura de carácter muy diverso y específico; que son dependientes del tipo de producto. Esta condición dificulta establecer líneas de acción determinadas de aplicación general y es por esta razón que los procesos de transición energética, en una primera fase, se encuentran intrínsecamente enfocados en alcanzar una mayor eficiencia energética. Como vía de reducción de montos de inversión.

Esta acción de eficiencia energética se ejecuta instalando dispositivos mecánicos orientados a la recuperación del calor latente o residual, generado por el equipamiento existente y que usualmente es expulsado a la atmósfera. Y con mejoras de eficiencia en procesos, se reducen impactos por temperaturas elevadas trasladadas al ambiente; y, por ende,

minimizan la concentración de “islas de calor” (sic) ²⁹ en contextos industriales que alteran las condiciones climáticas en ámbitos urbanos.

Estas acciones de eficiencia energética se complementan a través de medidas de gestión que incorporan cambios en la estructura y organización de los procesos de manufactura, aplicando conceptos de la economía circular a través de las cadenas de valor. Usualmente vía la sustitución de materiales e insumos o con prácticas de reciclaje y reutilización de productos que inciden en la reducción de la demanda global de materias primas; equilibrando consumos y actuando sobre el intercambio de los flujos de materiales provenientes del capital natural, o del manufacturado (Martínez-Barruchi, 2021d).

Ahora bien, la aplicación de las prácticas de la economía circular son unas opciones típicas de corrección de externalidades adelantadas por las empresas que operan bajo una perspectiva responsable y que han implementado medidas para valorizar los impactos que ocasionan los negocios, sobre el medio ambiente; y adicionalmente, mejorar resultados financieros. Pero es oportuno considerar que, en ningún momento, sustituyen a las drásticas medidas requeridas para cumplir los alcances de la transición energética prevista en la visión de la Agenda 2050. Una condicionante que implica en algunos casos, costos de inversión elevados en nuevo equipamiento para la economía de empresas ubicadas en el sector de las industrias ligeras.

En aquellos procesos productivos en los cuales el intercambio de temperaturas ocurre en rangos menores a los 300° C, es factible adelantar procesos de descarbonización al corto plazo:

- (a) o por la vía de incrementar la electrificación directa en los sistemas térmicos de las instalaciones de manufactura que utilizan calor de proceso de baja y media temperatura, sustituyendo algunos sistemas de transferencia de calor existentes y que usualmente son equipamientos mecánicos que operan en base a un alto consumo de combustibles fósiles – hornos y calderas –, medida que se logra a través de soluciones técnicas asociadas a un mayor uso de bombas de calor industriales, de calderas eléctricas o de procesos basados en uso de calefacción electromagnética;
- (b) o identificar fuentes alternativas de calentamiento y sustitución de equipos en los procesos difíciles de

²⁹ Nota: de acuerdo a lo expuesto en el Newsletter Power Up de Iberdrola S.A. “Las islas de calor son un fenómeno que se produce en aquellas zonas urbanas que experimentan temperaturas más altas que las zonas circundantes debido a la actividad humana. La causa principal son la acumulación de estructuras, como edificios, aceras o asfaltos, que absorben más calor y lo liberan más lentamente, al revés que parajes naturales como bosques, ríos o lagos. A esto se suma el calor y la contaminación generada por el tráfico y la industria. Todo ello agrava las consecuencias del cambio climático en las ciudades y disminuye la calidad de vida de sus habitantes.”. (Iberdrola, 2025).

electrificar, reduciendo las emisiones y aplicando tecnologías que consumen biocombustibles u otro tipo de combustibles avanzados con baja huella de CO₂, o también incorporando innovaciones asociadas a equipos que puedan ser operados con consumo de biocombustibles o de hidrógeno (H₂) – en concreto, H₂ verde³⁰ producido de fuentes renovables y también, H₂ gris proveniente de las corrientes de refinación de hidrocarburos –.

Adicionalmente a las mencionadas medidas técnicas de dispositivos mecánicos operando en temperaturas menores a los 300° C, en la industria pesada asociada a procesos de la industria cementera, metalúrgicos y petroquímicos o de refinación de hidrocarburos fósiles – y en particular de generación termoelectrónica – donde la mayoría del intercambio de temperaturas en procesos térmicos ocurren en rangos entre 200° C y 1.800° C, durante el corto plazo y debido al actual avance alcanzado en tecnologías de intercambio térmico por electrificación, los procesos de descarbonización en su mayoría se orientan a la instalación de dispositivos de CCUS que aseguren la captación de GEI y actúen sobre corrientes industriales consumidoras de combustible de origen fósil. La mayoría, gas producido en corrientes de refinación o petroquímicas y gas metano directo.

Es oportuno mencionar que la instalación de los nuevos dispositivos de CCUS es una acción que demanda elevadas inversiones y la adopción acelerada de unas tecnologías avanzadas que implican, unos desembolsos significativos asociados a investigación, desarrollo, demostración eficiente de prototipos y comprobación de resultados en su posterior despliegue operativo.

Estas inversiones, independiente del impacto en costos, permitirían a estos sectores industriales (a) favorecer una manufactura de productos bajos en carbono y (b) mejorar los procesos de producción apoyando el intercambio de flujos de materiales provenientes de reciclaje o de productos sintéticos³¹. Reduciendo la demanda global de las materias primas provenientes del capital natural; fundamento de la economía sustentable.

Es acertado señalar que al final estas necesidades de inversión, asociadas a la instalación de dispositivos de CCUS

en sectores energéticos e industriales y orientadas a implementar políticas públicas de largo plazo bajo el concepto de NZE, generan (a) en el mediano plazo, beneficios en salud de la población al reducir impactos de la polución atmosférica, que será una herramienta apropiada para crear resiliencia y adaptación ante la ocurrencia de riesgos climáticos, y (b) en el corto plazo, incrementos directos de empleo en los nuevos sectores de manufactura y tecnología.

En el caso de Venezuela, con medidas de gobierno apropiadas se motorizaría de manera inmediata la capacidad productiva de las empresas de ingeniería y construcción, de talleres de fabricación y montaje, y en general, de agentes de logística de servicios. Dinamizando así la economía, vía la creación de empleo y de generación de capacidad de consumo de bienes.

SECCIÓN IV ... Panorama de los procesos de descarbonización de la IPPN en Venezuela

Características de la IPPN para adelantar procesos de descarbonización; temperatura y emisiones de CO₂

Los procesos integrados en las diferentes operaciones de refinación para transformar el petróleo crudo en productos considerados de alto valor en el mercado global, y que abarcan desde gasolinas de alto octanaje, gasolina de aviación y destilados, insumos para la industria petroquímica, lubricantes y asfalto, se desarrollan a través de etapas consecutivas y acopladas en equipos dentro de unas instalaciones o unidades de procesos en las cuales se modifican las cadenas internas de los hidrocarburos – la estructura molecular –. Estas operaciones se desarrollan empleando un amplio y diverso tipo de equipamientos de intercambio de temperatura e incrementos de presión; agrupados en unidades estacionarias.

Los procesos de intercambio de temperatura, por medio del consumo y posterior combustión de combustibles fósiles, generan calor para activar procesos de destilación de petróleo crudo, de generación de vapor y craqueo de hidrocarburos. Coinciden en unos procesos cuya característica es un alto impacto ambiental, por emisiones de CO₂ y GEI a la atmósfera.

Las temperaturas de intercambio en estos equipos principales ocurren en rangos que varían entre los 200° C y 1.600° C (Meyers, 2004), de acuerdo a los siguientes valores típicos:

- destilador atmosférico, básicamente la 1^{era} etapa, 400° C;
- destilador al vacío, bajo el cual se procesan los destilados, 565° C;
- unidades de hidrotratamiento/fraccionamiento, 260° C a 400° C;
- unidades de craqueo catalítico, 715° C;
- reformadores catalíticos, 525° C;

³⁰ En inglés, usualmente referido como “*clean hydrogen*”; o también, “*green hydrogen*”.

³¹ Con efecto demostrativo, en el caso del sector manufacturero de EEUU que expone la mayor concentración de infraestructura industrial diferente al sector energético, la implementación de este tipo de medidas aseguraría reducir emisiones generales de CO₂ en un rango del 69% al 95% para 2050 (EOP, 2021).

Este es un adelanto importante de acuerdo a evaluaciones adelantadas hasta el año 2019 por la agencia de protección ambiental de EEUU – en inglés, “Environmental Protection Agency” (EPA) –, mostrando que las emisiones de GEI se distribuyen entre: un 23% ocasionadas por el sector industrial, y en un 30% por las instalaciones del sistema energético (EPA, 2021).

- plantas de isomerización, 90° C a 205° C;
- unidades de hidrocrackeo, 180° C a 230° C;
- reformadores de metano a vapor, 700° C a 1000° C;
- calderas de generación de vapor, 1600° C;
- hornos en mejoradores de petróleo pesado, 470° C a 670° C.

Como elemento de soporte técnico para facilitar la identificación del tipo de productos derivados y obtenidos en los procesos de refinación de hidrocarburos, en la Figura N° 04, incluida en la siguiente página, se aprecia un diagrama general de procesos de refinación a partir del cual se aplica el modelo denominado PRELIM – “an open-source refinery model” (Gordon, 2015), en el cual se muestra el equipamiento típico de una refinería y sus correspondientes temperaturas. Este modelo habilita la posibilidad de estimar el consumo de energía y las emisiones de GEI asociadas con la transformación de varios tipos de crudos procesados en refinerías; que abarcan las siguientes:

- (a) refinerías de conversión profunda o “*deep conversión*” para procesar los petróleos extrapesados y de alto contenido de azufre – crudos tipo Hamaca y Boscán de Venezuela –;
- (b) de conversión media o “*medium conversión*” para procesar petróleos livianos y de viscosidad intermedia – crudos extraídos del Lago de Maracaibo y el Oriente de Venezuela –;
- (c) y las denominadas refinerías “*hydroskimming*” usualmente destinadas al procesamiento de petróleos livianos de bajo contenido de azufre.

Es preciso señalar que, en las refinerías de Venezuela los reformadores de metano y las unidades de craqueo catalítico coinciden con los equipos de mayor generación de emisiones de CO₂³².

Resulta evidente que cuánta más energía es requerida para incrementar el volumen de producción en un proceso de refinación, mayor es el impacto ocasionado en emisiones de GEI a la atmósfera. Un impacto que se aprecia a través de la mayor o menor temperatura del proceso de intercambio de calor generado en el ámbito interno del equipamiento respectivo.

Como complemento, en instalaciones de refinación modernas se considera que el consumo energético influye como un factor mayor sobre costos operacionales; alcanzando hasta el 60% del costo total de operación (UKPIA, 2017).

Por las limitaciones presentes en la situación política, económica y social de Venezuela, que se traducen en un completo desconocimiento acerca de la situación operacional de la infraestructura energética relacionada con los sectores de los hidrocarburos y el suministro de energía eléctrica, en realidad será difícil adelantar alguna indicación sobre las emisiones de CO₂ y GEI originadas en esas instalaciones; de no existir la posibilidad de accionar inspecciones y análisis exhaustivos.

De acuerdo al pensamiento de analistas particulares del sector de los combustibles fósiles, es apropiado considerar que, si bien es cierto que durante la fase de refinación de hidrocarburos se generan emisiones significativas de CO₂ y GEI, se advierte que, en el ciclo de vida (NRC, 2014), asociado a combustibles fósiles, la proporción mayor de emisiones ocurren durante la fase final de procesos de consumo directo³³; transporte, industria y generación de energía termoeléctrica.

Es por esta razón que, en los análisis de impactos de cambio climático ocasionados por el sector energético, la condición de emisiones debería ser valorizada a través del ciclo de vida útil de los productos – desde la manufactura hasta el consumo final y la tecnología empleada –. En consecuencia, reviste especial interés: (a) determinar la procedencia original del tipo de hidrocarburo y (b) la densidad energética del proceso destinado a obtener los productos derivados de los hidrocarburos.

Con carácter comparativo, el proceso de refinación de hidrocarburos de menor viscosidad, es decir los denominados en la industria global como petróleos livianos y de los cuales se obtiene la mayor cantidad de productos líquidos relacionados con los combustibles – tipo diésel, queroseno y gasolinas –, que usualmente se miden en grados API – en adelante °API – y se encuentran por encima de los 30 °API de

³² En el caso de EEUU, con el mayor número de refinerías concentradas en la Costa del Golfo de México, una región considerada de riesgo y alto impacto climático, se estima que al año 2026, del total de la industria petrolera de ese país las refinerías contribuyan con el 21,7% de generación de CO₂, con 287,3 millones “*short tons*” al año equivalentes de CO₂ (MT/a CO₂e); sobre un total de 1.017,6 MT/a CO₂e. Valores que representan una disminución importante al compararla con los resultados del año 2019 de 25,9%, en el cual el valor correspondiente a las refinerías alcanzó las 203 MT/a CO₂e, sobre un total de 782,1 MT/a CO₂e (EPA, 2020 y EPA, 2022).

³³ Para efectos demostrativos que los procesos de refinación no son los causantes que ocasionan el impacto climático mayor en la actualidad, se aprecia que durante el ciclo de vida útil del combustible, los motores de combustión interna, consumiendo gasolina durante la fase de combustión presentan una intensidad de carbono equivalente por megajulio (gCO₂e/MJ) de 71 gCO₂e/MJ (NRC, 2023), y recíprocamente: (a) la fase de extracción y refinado de los hidrocarburos corresponde a 17 gCO₂e/MJ adicionales y (b) los procesos de mezcla y operación en las bombas de servicios, representan 2,5 gCO₂e/MJ; acumulando un aproximado entre 85 y 98 gCO₂e/MJ (Gordon, 2015). Es decir, resulta como derivación que, los procesos de refinación se ubican en alrededor del 19% del impacto en intensidad de carbono ocasionada durante el ciclo de vida de combustibles consumidos en los procesos de combustión interna de motores y turbogeneradores.

viscosidad, se desarrolla con una menor densidad energética del equipamiento que el equivalente de un petróleo del tipo extra pesado; denominado así un crudo inferior a los 10 °API de viscosidad. Un petróleo que muestra mayor peso molecular, difícil de transportar y que se utiliza para obtener aceites, parafinas y polímeros; estos crudos provenientes en Venezuela, en su mayoría son extraídos en la Faja Petrolífera del Orinoco (FPO).

Como soporte para facilitar la identificación de productos derivados de la refinación de hidrocarburos, en la Figura N° 05 incluida a continuación, en la página siguiente, se aprecia un diagrama general de procesos de refinación en el cual se muestra el equipamiento típico que, en los procesos de producción de derivados de hidrocarburos, se considera dentro de las fuentes principales de emisiones de CO₂; resaltando en el diagrama, los cinco equipos que ocasionan el 75% de las emisiones de GEI.

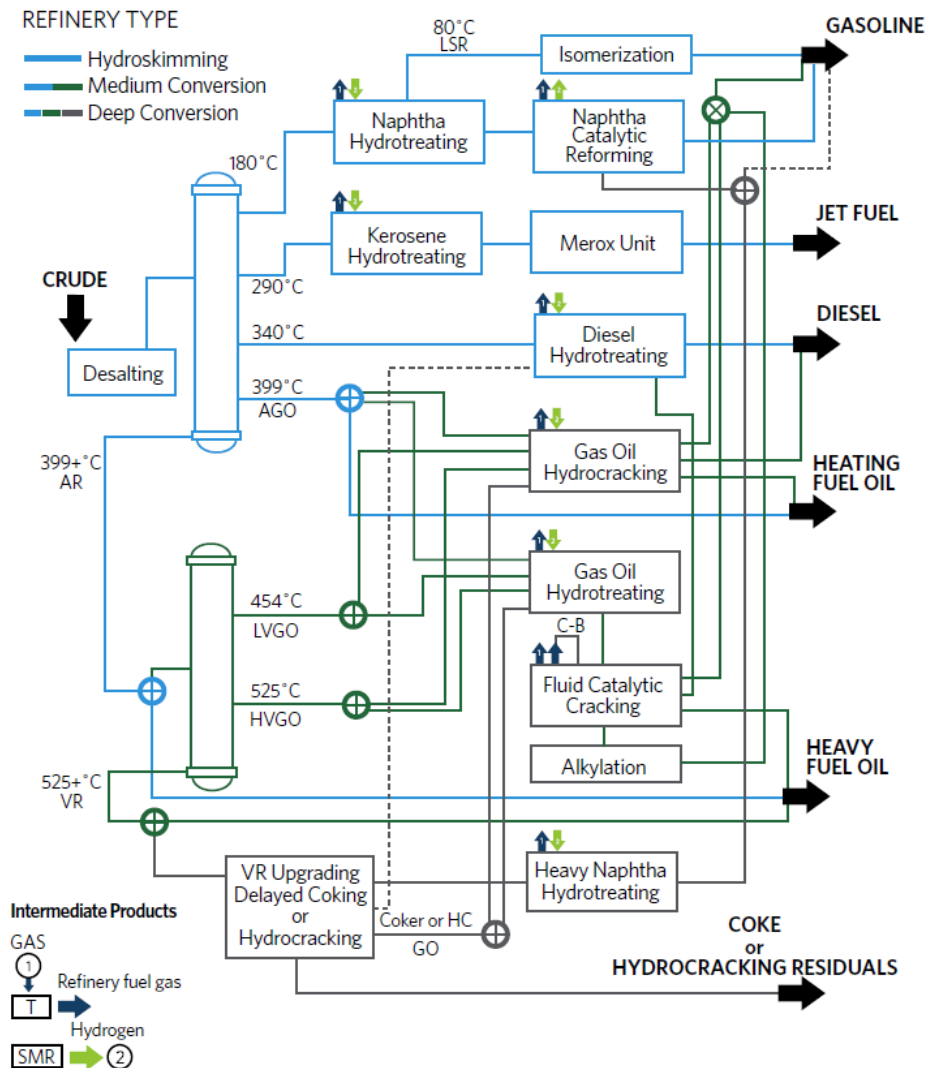


Figura N° 04. Diagrama del modelo PRELIM – “an open-source refinery model”³⁴

Fuente: Refinery Configurations in PRELIM; FIGURE 5; Page 23 ... (Gordon, 2015)

Gordon, D. et al (2015). “Know Your Oil, Creating a Global Oil-Climate Index”.

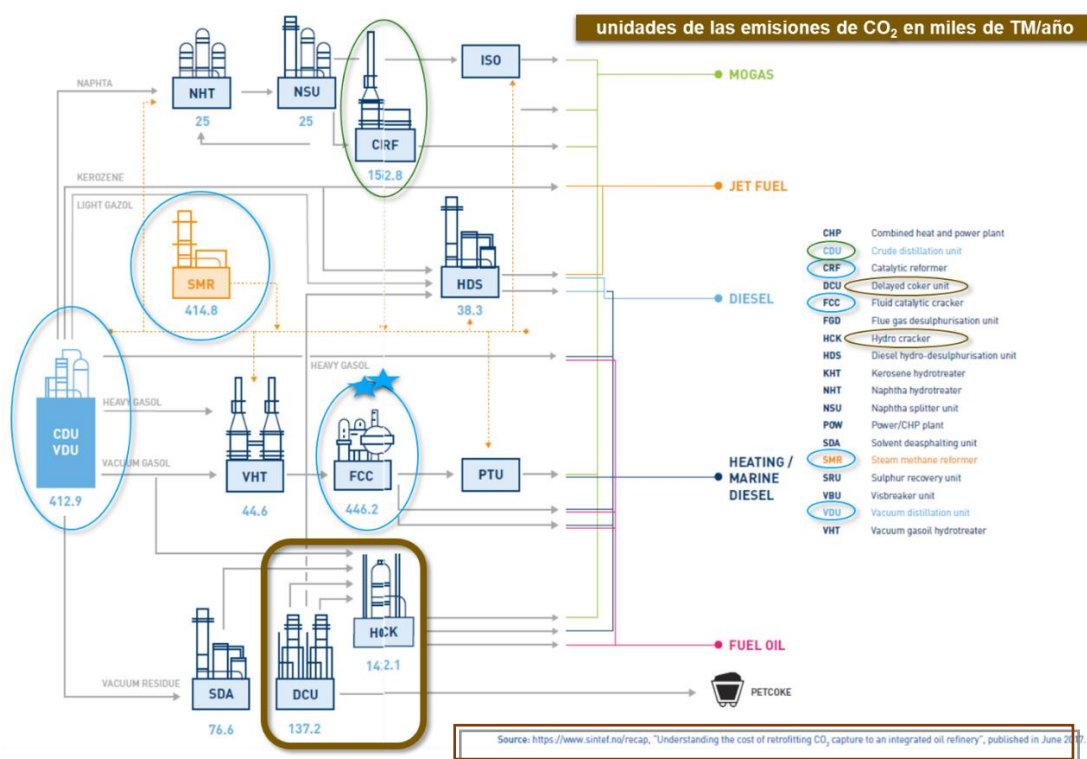
Carnegie Endowment for International Peace. Washington, DC, USA. 2015

<https://carnegieendowment.org/2015/03/11/know-your-oil-creating-global-oil-climate-index-pub-59285>

³⁴ Acrónimos/diagrama: (a) AGO — Atmospheric Gas Oil; (b) AR — Atmospheric Residue; (c) C-B — Coke Burned; (d) GO — Gas Oil; (e) LSR — Light Straight Run; (f) HC — Hydrocracker; (g) HVGO — Heavy Vacuum Gas Oil; (h) LVGO — Light Vacuum Gas Oil; (i) SMR — Steam Methane Reformer; (j) VR — Vacuum Residue.

Es apropiado señalar que las refinerías son diferentes entre sí, aunque usualmente el rango de emisiones oscila entre 430 y 450 kgCO₂e/barril de petróleo crudo – en adelante por sus siglas “b” – en las refinerías de conversión profunda; éstas

son instalaciones muy complejas en unidades de proceso y equipamiento (Gordon, 2015; FuelsEurope, 2019; y SINTEF, 2018).



35

Figura N° 05. Diagrama de flujo de un complejo refinador típico mostrando fuentes principales de emisiones de CO₂ ...

Fuente: FIGURE 8: SIMPLIFIED FLOW DIAGRAM FOR A "TYPICAL COMPLEX REFINERY" AND MAIN EMISSION SOURCES; Page 70 ... (FuelsEurope, 2019) "Vision 2050. A pathway for evolution of the refining industry and liquid fuels". FuelsEurope - European Fuel Manufacturers Association. Brussels. Belgium.

<https://www.fuelseurope.eu/uploads/medias/632c34f17baa2.pdf>

A partir de diagramas de flujo disponibles en información pública de PDVSA que muestran el equipamiento instalado en refinerías de la IPPN en el país, es factible identificar, en una primera aproximación y sólo para registrar como orden de magnitud, un estimado del grado de emisiones de CO₂ bajo condiciones de operación a plena carga, que podrían generarse.

¿cuál es la intensidad de generación de carbono del petróleo venezolano?; un estimado de comparación

Con la información expuesta en el Anexo 02 en la cual se muestra un resumen de la capacidad instalada de refinación de la IPPN en el país, se aprecia que las instalaciones de planta asociadas a los mejoradores de hidrocarburos extraídos

en la FPO y emplazados en el Complejo Industrial Gral. Div. José Antonio Anzoátegui (CIJAA) – El Jose – ubicado al Norte del estado Anzoátegui entre las ciudades de Barcelona y Puerto Píritu, el petróleo del tipo extra pesado es sometido a diversos procesos de refinación para obtener un petróleo denominado sintético y de unos rangos de viscosidad, que oscilan entre los 16° API para los crudos pesados y de 36° API de los livianos; facilitando así la comercialización y venta a diferentes refinerías y clientes, en particular las ubicadas en el Golfo de México.

Es oportuno señalar que previamente a su transporte desde el sitio de extracción del crudo en campos de la FPO hacia los mejoradores, el petróleo del tipo extra pesado debe ser sometido a procesos de preparación – desalación y separación

³⁵ ReCap es una iniciativa de la UE promovido por el CLIMIT Demo project ("... a collaboration between Gassnova and the Research Council of Norway") con fondos adicionales de la IEAGHG y Concawe ("The scientific and technical body of the European Petroleum Refining Industry"); subcontratistas Amec Foster Wheeler y SINTEF Energy Research.

de gases – y a un proceso de dilución o mezcla para la incorporación de aditivos y productos líquidos que, como la nafta, gasolinas o condensados, permite facilitar su transporte por oleoducto hacia las instalaciones del CIJAA.

El petróleo del tipo extra pesado, posteriormente a su mejoramiento y conversión a petróleo sintético, es transportado vía marítima para ser sometido a procesos adicionales de destilación en otras refinerías y adecuarlos a las características de gasolinas y destilados que requiere el mercado automotor global. Estos procesos usualmente se desarrollan en el Complejo Refinador de Paraguaná (CRP) o en refinerías foráneas; (a) propiedad de PDVSA o de otras empresas ubicadas en el Golfo de México o (b) en países distantes – caso presente de la India o China –.

Al respecto, cuando se compara la intensidad de generación de carbono entre las variaciones de emisión que ocurren en los procesos en condición “*upstream*”, como las que se observan en petróleos livianos de campos de Arabia Saudita, que alcanzan 10 kgCO₂e/kg en cada barril y la del petróleo del tipo extra pesado de la FPO, de 100 kgCO₂e/kg en cada barril, se demuestra que, dependiendo del tipo de petróleo, existe un impacto importante de emisiones de CO₂ en la extracción de cada barril. Es preciso prever que a medida que avance el cumplimiento global de las normas establecidas en la agenda climática, en particular la visión de NZE, estas obligaciones afectarán negativamente las oportunidades de mercadeo de aquellos productos provenientes de los hidrocarburos extra pesados, que muestran la condición de ser intensivos en generación de huella de carbono; con la consiguiente pérdida de clientes y de los mercados tradicionales de colocación.

Considerando el método de cálculo de EPA, se determina que, en las emisiones de carbono asociadas a cada barril de petróleo en la cadena de valor de los hidrocarburos, al final ocurre un impacto de carbono equivalente por barril en un rango promedio de 403 kg CO₂e/b (EPA 2022).

Por ejemplo, en base a ajustes y cálculos adicionales elaborados por el redactor del presente trabajo, de manera conservadora y como elemento de comparación, se obtiene que entre los procesos (a) en condición “*downstream*” de la refinería y (b) en condición “*mainstream*” de mejoramiento que alcanza 330 kgCO₂e/b, el promedio del petróleo del tipo extrapesado de la FPO genera un impacto cercano a 590 kgCO₂e/b. Impacto al cual se deben agregar las emisiones ocurridas en procesos de exploración en condición “*upstream*”, de 185 kgCO₂e/b y transporte para un impacto total de GEI de 810 kgCO₂e/b.

Como elemento de comparación, los Crudos provenientes de yacimientos de Nigeria, Campo Agbami y de Noruega, Campo Ekofisk, se ubican en rangos menores a 450 kgCO₂e/b (Gordon, 2015).

A la expuesta generación de huella de carbono es necesario adicionar el impacto al ambiente ocasionado, durante las fases

de extracción y procesamiento, por las denominadas emisiones fugitivas³⁶ y el venteo³⁷ de gas metano. Al final la intensidad de carbono equivalente provista en el ciclo de vida del combustible fósil generada por los hidrocarburos extraídos de la FPO, en la comparación con otros hidrocarburos, podría ser contabilizada en valores que duplican el rango de emisiones; en particular al comparar los derivados de petróleo liviano, de menor contenido de azufre.

Respecto al contenido de azufre es oportuno señalar que este producto se convierte en un inconveniente de mercadeo y comporta una exigencia de mejoramiento posterior, en los procesos de refinación en condición “*upstream*” del petróleo crudo extraído en Venezuela. Por ejemplo, el petróleo tipo pesado extraído en el Campo Boscán de la Costa Occidental del Lago de Maracaibo de 10° API con 5,5% de azufre en base húmeda (ICCT, 2014), presenta un mayor contenido de azufre que los crudos extrapesados de la FPO 7,1° API con 3,7% de azufre (GPA, 2023).

Estos son valores altos al compararlos con el crudo mediano extraído en el Campo Dación del Estado Anzoátegui, de 20° API con 1,3% de azufre; o el crudo extrapesado extraído en Steepbank/Millennium Mine, Canadá de 10° API con 1% de azufre o el crudo liviano del inmenso campo de Ghawar, Saudi Arabia de 34° API con 2.2% de azufre (ICCT, 2010).

Se aprecia que las emisiones fugitivas y el venteo de gas metano del Campo Dación muestran un impacto de 3,9 y 8,9 gCO₂e/MJ respectivamente; y en campo Boscán el venteo alcanza 3,7 gCO₂e/MJ (ICCT, 2014). Al ser comparados con los 0.03 y 0.2 gCO₂e/MJ equivalentes de Campo Ghawar (ICCT, 2010), se muestran como unos valores muy elevados.

La única forma de determinar los alcances de impactos climáticos ocasionados entre hidrocarburos provenientes de características y campos petroleros diferentes, como, por ejemplo, entre crudo liviano del Lago de Maracaibo y crudo extrapesado del Campo Hamaca de la FPO, es comparando valuaciones de emisiones de GEI en cada etapa de la cadena de suministro de petróleo y cotejar cómo se comparan entre sí, previo a la realización cualquier análisis posterior sobre el consumo final. A manera de resumen estas etapas se pueden agrupar en las siguientes:

- (a) desde la fase de exploración y extracción³⁸;

³⁶ Nota: se denominan emisiones fugitivas a las emisiones no intencionadas de gases a la atmósfera producto de la densidad de equipos mecánicos y sistemas de tuberías instalados en yacimientos e instalaciones petroleras; y que se incrementan en la medida que aumenta la complejidad y dimensión de espacios de ubicación de los equipos.

³⁷ Nota: volúmenes de gas separado del petróleo que no se utilizan en incrementar presión en la explotación de pozos o como combustible en procesos de extracción y refinación, que se expulsa al ambiente en un proceso de combustión.

³⁸ Nota: por ejemplo, la extracción de petróleo crudo en la región de la costa del Golfo de México en USA, produce aproximadamente 30 kilogramos de dióxido de carbono equivalente por barril

- (b) transitando las diferentes etapas de la fase de procesamiento del crudo – preparación, transporte y mejoramiento de crudo –;
- (c) incluyendo el transporte desde el despacho en el mejorador hasta la refinería;
- (d) y en la fase de refinación.

Cotejando las mencionadas diferencias entre impactos climáticos ocasionados únicamente en la fase de extracción de la cadena de valor, es prudente señalar que dependiendo del tipo de hidrocarburo y para comprender y diseñar políticas que aseguren cumplir compromisos adquiridos por Venezuela en el ámbito de acuerdos internacionales, como la COP26:

- (a) no sería apropiado confrontar sólo diferencias de los tipos de petróleo producidos en el país entre los valores de precios de realización en el mercado con otros crudos competidores o productos derivados;
- (b) puesto que las exigencias de los eventuales inversionistas en las previstas aperturas al capital privado de negocios asociados a la infraestructura de los hidrocarburos nacionales, también estarán orientadas a determinar el alcance de los valores incrementales en intensidad de carbono equivalente generado y el contraste entre los indicadores de emisiones de CO₂ y GEI originadas a lo largo de toda la cadena de valor y con particular atención, en las instalaciones de mejoramiento y refinación.

El contraste entre los indicadores de emisiones de GEI en las instalaciones de mejoramiento y refinación de crudos nacionales, configura un elemento clave para determinar la viabilidad de oportunidades de adecuación de la infraestructura de la IPPN y afrontar desafíos de la extensión factible de los plazos de vida útil, para incorporar procesos complementarios de elaboración de nuevos productos derivados de hidrocarburos con características de carácter climático.

En la Figura N° 06 incluida a continuación, en la página siguiente, se muestra de manera resumida una comparación en base a ajustes y cálculos adicionales elaborados por el redactor del presente trabajo, con el interés de identificar y aproximar valores de rangos de diferencias en las emisiones de CO₂ generadas entre los crudos provenientes de yacimientos como el Mars, en el Golfo de México, EEUU, los de Girasol y Kuito, de Angola, Lula, de Brasil y el Forties, de UK (Gordon, 2015), y el crudo extrapesado extraído del Campo Hamaca de la FPO; posteriormente procesado en los mejoradores ubicados en la Costa del Estado Anzoátegui en Venezuela.

(kgCO₂e/b) de crudo o 5 gCO₂e/MJ, mientras que el petróleo mejorado proveniente de los campos de arenas petrolíferas canadienses, producen aproximadamente 200 kgCO₂e/b de crudo o 33 gCO₂e/MJ (Gordon, 2015); y con una fuerte diferencia, en costos de procesamiento.

Para efectos de comparación se obtiene que al adicionar los procesos (a) en condición “*mainstream*” – en los cuales se obtienen petróleo mejorado y productos destilados pesados – con los (b) de condición “*downstream*”, el promedio del petróleo del tipo extrapesado de la FPO genera un impacto cercano a 535 kgCO₂e/b; respectivamente 325 kgCO₂e/b y 260 kgCO₂e/b. Un valor total que no implica grandes desviaciones con el rango obtenido entre 430 y 450 kgCO₂e/b de las refinerías de conversión profunda que procesan los crudos mencionados en el párrafo anterior; como elemento de analogía. Estas refinerías son instalaciones muy complejas en unidades de proceso y equipamiento que observan amplias medidas de control ambiental.

De estos valores resulta evidente que la aceptación comercial de un petróleo mejorado, como los de la FPO, se basa en que los procesos de mejoramiento incluyen equipamientos destinados a extracciones de azufre y coque petrolero – unos subproductos de refinación, altamente contaminantes – y, en consecuencia, durante los procesos finales de refinación se reducen operaciones de equipos, dentro de las unidades de procesamiento; y genera rangos menores de emisiones de CO₂.

El impacto total del crudo extrapesado del Campo Hamaca de la FPO de GEI puede ubicarse en 810 kgCO₂e/b al agregar (a) las emisiones en condición “*upstream*”, de 185 kgCO₂e/b que incluyen el procesamiento y el esfuerzo energético de extracción – alta viscosidad –, impacto por venteo, transporte interno del crudo a los tanques de almacenamiento y mezcla con diluyentes y (b) transporte a la condición “*mainstream*” de 25 kgCO₂e/b. Valores que en definitiva son superiores a los generados en crudos provenientes de los yacimientos mencionados que se ubican en rangos menores de impacto total de GEI de 560 kgCO₂e/b; correspondientes a 95 kgCO₂e/b de extracción y preparación.

El contraste entre indicadores de emisiones de GEI en las instalaciones de mejoramiento y refinación de crudos nacionales, configura un elemento clave para determinar la viabilidad de oportunidades de adecuación de la infraestructura y con el interés de extender los plazos de vida útil, disponer de capacidades y espacios apropiados para incorporar procesos de elaboración de nuevos productos derivados de hidrocarburos con carácter climático.

Es prudente promover advertencias sobre la realidad económica global, porque no todo reside en resaltar las oportunidades inherentes a ventajas comparativas de Venezuela. Los inversionistas tienden a identificar en los análisis de riesgo los niveles de compromiso con la transición energética y la responsabilidad institucional para adoptar medidas orientadas a superar los efectos del cambio climático; que sin duda afectan las expectativas de desarrollo de la industria energética nacional.

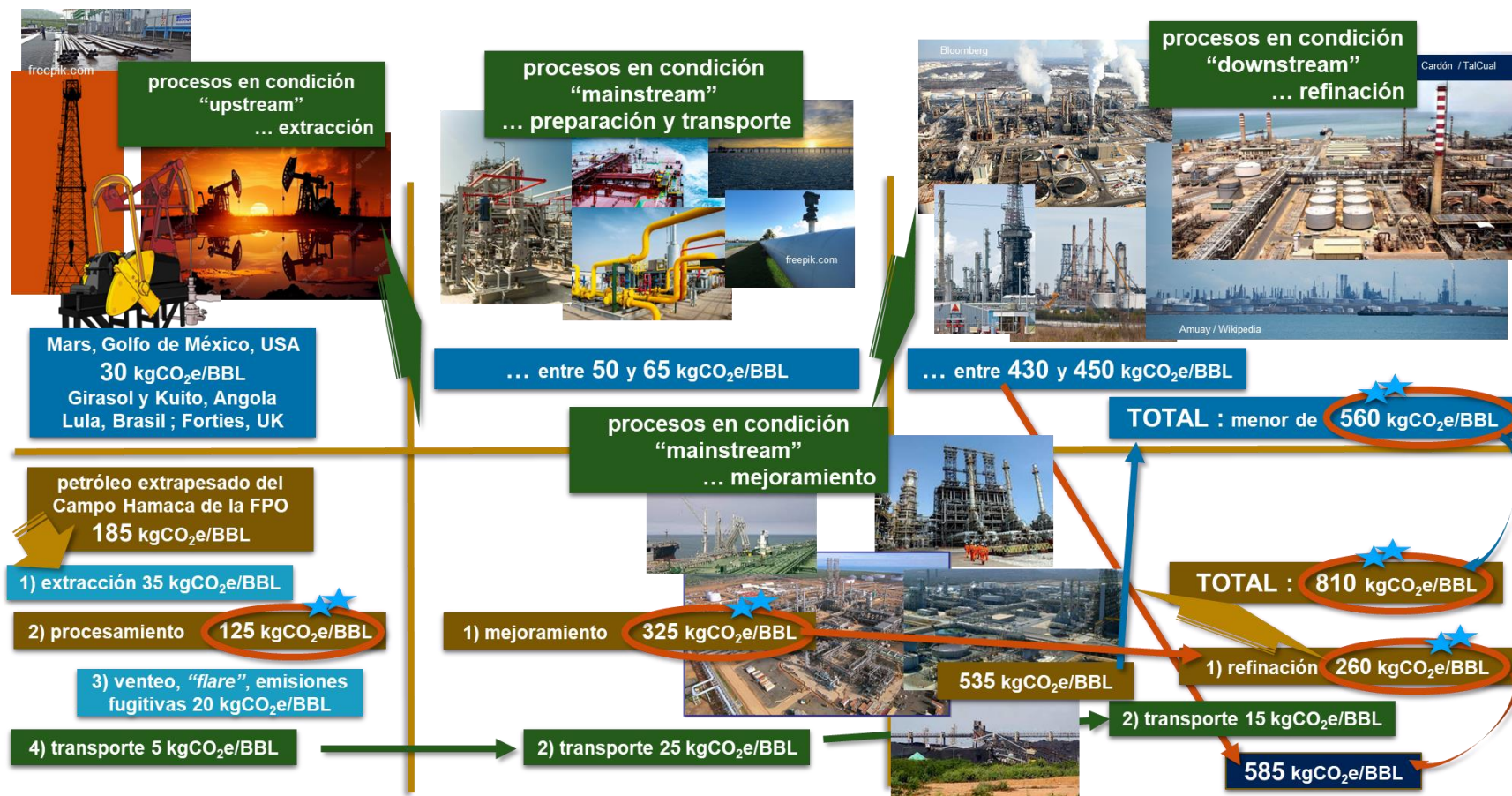


Figura N° 06. ¿cuál es la intensidad de generación de carbono del petróleo venezolano? ... un estimado de comparación³⁹

Fuente: infografía de elaboración propia, JLG Martínez-Barruchi ... ajustes y cálculos adicionales en base a lo publicado en:

Gordon, D. et al (2015). "Know Your Oil, Creating a Global Oil-Climate Index". Washington, DC: Carnegie Endowment for International Peace. Washington, DC, USA. 2015
<https://carnegieendowment.org/2015/03/11/know-your-oil-creating-global-oil-climate-index-pub-59285>

³⁹ Nota: en el diagrama se mantiene la notación BBL para identificar barril de petróleo crudo; a diferencia del resto del documento que se idéntica BBL con "b".

Éste, que se convierte en un nuevo factor de complejidad, será aplicado por los organismos internacionales de ayuda y las agencias multilaterales para analizar el alcance de las políticas públicas de recuperación, reconstrucción y adecuación de la infraestructura operacional del país, orientadas a cumplir los compromisos adquiridos por Venezuela en el contexto de la transición energética y la visión de la Agenda 2050.

Unos procesos de evaluación de políticas públicas, que serán complementados con análisis centrados en las medidas y planes de reducción de desigualdades en la población y las orientaciones para generar crecimiento económico, a partir de medidas adoptadas para efectuar cambios políticos en la conducción del gobierno; con la visión de la Agenda 2030.

Demstrar progresos climáticos y asegurar el cumplimiento de compromisos adquiridos por Venezuela en la Agenda 2050, implica reconocer los desafíos de gobernabilidad asociados a los escenarios de la Agenda 2030; que se articula como un hito de control intermedio para verificar progresos en la implementación de medidas destinadas a la transición energética.

Superar estos desafíos involucra implementar en el corto plazo medidas precisas de gestión de gobierno tendientes a adaptar las políticas públicas y las relaciones de producción y convivencia social. De tal manera que no sólo es suficiente cualificar y considerar el interés básico demostrado por los gobiernos, de adelantar los procesos de reconstrucción y adecuación de infraestructuras de servicios y operaciones, para cumplir exigencias de la transición energética.

Para los efectos es conveniente facilitar por medio de un conjunto de políticas públicas dirigidas a satisfacer bienestar en la población y la implementación de nuevas opciones de gobierno participativo, orientando las políticas a acometer amplios programas de aprovechamiento de los recursos provenientes del capital natural.

Corresponde, de manera coherente a lo previsto en la agenda climática global, enfocar estos programas a la expansión de las capacidades productivas – capital producido o manufacturado – disponibles en el país; tanto en energía como en los otros sectores industriales, agropecuarios, forestales y pesqueros nacionales. Ampliando las gestiones de saneamiento y protección ambiental que abarquen la recuperación de espacios urbanos adaptados a un consumo eficiente de recursos.

En paralelo, no borrar de la memoria la necesidad de acelerar la construcción de rutas firmes de fortalecimiento de la democracia y generación de prosperidad en los habitantes del país, mejorando la distribución de la riqueza y la continuidad en generación de empleo. Y por la vía de perfeccionar la productividad, extender las opciones de desarrollo del capital humano/intelectual y sentar bases de crecimiento económico para la satisfacción de necesidades de

la población; de acuerdo con los compromisos adquiridos por el país, en el contexto de las Naciones Unidas.

Adecuación de la IPPN en la transición energética de la Agenda 2050

Las influencias regionales de los países desarrollados, dirigidas a extender en el tiempo el acceso a mercados de intercambio de los recursos provenientes de insumos y productos de la industria de los hidrocarburos, se exteriorizan en la geopolítica energética global, mostrando la intensificación del aprovechamiento y explotación de recursos naturales locales de origen fósil en esos países y gestionando en paralelo, acceder a más insumos y productos de refinación en el mercado global.

Estas influencias, ejercitadas sobre los mercados asociados a la industria de los hidrocarburos para mantener la intensidad de la producción de derivados e insumos para la industria química, generan dificultades y serios desafíos para alcanzar las metas contenidas en la visión de la neutralidad climática global de la Agenda 2050.

En países de economía dependiente de la extracción de recursos de origen fósil y minerales, como un factor clave para lograr en el corto plazo establecer los fundamentos de la trayectoria de una transición energética plausible y agenciar una transición ágil que facilite alcanzar niveles de bienestar y promueva el tránsito hacia sociedades modernas, correspondería calibrar el incremento de la magnitud que deberían mostrar las actividades económicas de estas industrias, con el interés de equilibrar: (a) la satisfacción de necesidades básicas de la población de acuerdo a la visión de los ODS en la Agenda 2030, con (b) los requerimientos de ajuste, adecuación a la agenda climática y expansión de las industrias energéticas locales.

En Venezuela, con una economía dependiente del complejo industrial energético integrado por (a) los servicios de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica y (b) la amplia capacidad de la infraestructura de extracción y procesamiento para transformar los recursos del gas y el petróleo crudo en productos considerados de alto valor en el mercado global, compensaría como visión de desarrollo, aprovechar el impulso de acciones de la transición energética e implementar medidas de adecuación de instalaciones para asegurar el cumplimiento de los objetivos de descarbonización.

Las acciones de las políticas públicas sobre los sistemas operacionales energéticos y en base a criterios climáticos, precisan de adoptar medidas dirigidas, por un lado, (a) a propiciar la expansión de la capacidad de generación de energía eléctrica, y por otro, (b) a adecuar la infraestructura de refinación para respaldar la manufactura de nuevos productos y materias primas, con la característica esencial de mostrar un bajo contenido de carbono de origen fósil.

Es decir, materias primas a través de las cuales se procesan y manufacturan combustibles y productos químicos que abarcan gasolinas de alto octanaje, gasolina de aviación y destilados, insumos para la industria petroquímica, lubricantes y asfalto, obtenidos a partir de unos insumos provenientes de hidrocarburos que son químicamente similares a los combustibles actuales, pero que se originan a partir de fuentes de energía renovables con factores de intensidad de CO₂ más bajos que los obtenidos con energías de origen fósil. Y sustituyendo el equipamiento actual, que consiste en procesos de alto impacto ambiental por las emisiones de CO₂ y GEI (Concawe, 2019).

De acuerdo a expectativas procedentes de analistas del sector de materias primas de origen fósil, es pertinente considerar que hasta la década del 2040, se observen fuertes incrementos provocados por la expansión de la demanda mundial de los hidrocarburos líquidos y gaseosos destinados a la producción de materias primas de la industria petroquímica y de combustibles; por las dificultades de reemplazar los combustibles tradicionales en el transporte aéreo y marítimo y en el transporte pesado por carretera. Unos productos derivados de petróleo que son fáciles de transportar y contienen una alta densidad energética, lo que los convierte en un medio ideal para transportar y almacenar energía (FuelsEurope, 2019).

En distancias largas por carretera y/o zonas apartadas de los núcleos urbanos de interconexión a servicios masivos de transporte terrestre, son requeridas y con relativa autonomía en las rutas de desplazamiento, unidades destinadas a transporte de pasajeros y al transporte en diversas dimensiones de camiones destinados a la movilización de cargas. Para los cuales, la disponibilidad del mercado en opciones tecnológicas diferentes a los actuales motores de combustión interna, consumidores de gasolina o diésel, es definitivamente difusa y sin alternativas inmediatas (Smil, 2021).

Este comentario no contradice la realidad expresada en notas expuestas en el aparte anterior, demostrativas que, al presente, durante el ciclo de vida útil del combustible y en particular en la fase de combustión, los motores de combustión interna despliegan una intensidad de carbono equivalente mayor a la de procesos de refinación, ocasionando considerable impacto climático. Sólo con efectos comparativos, la intensidad de carbono equivalente de las emisiones de GEI:

- a) generadas en procesos de las refinerías de conversión profunda, se ubica entre 430 y 450 kgCO₂e/b;
- b) pero en los vehículos de motores de combustión interna, el impacto ocasionado al operar con gasolina es de 438 kgCO₂e/b⁴⁰ y operar consumiendo diésel, alcanza un valor de 508 kgCO₂e/b (NRC, 2014).

⁴⁰ Nota: un barril de gasolina contiene 42 galones o 190 litros y un vehículo de motor de combustión interna consumiendo la gasolina equivalente a tres (3) tanques de almacenamiento – 65 litros de capacidad promedio del tanque en vehículos modernos –,

De ésta, la intensidad de carbono equivalente de las emisiones de GEI, deriva no sólo la exigencia sino la justificación de expandir los procesos de electrificación en un grado de masificación que permita convertirlos en alternativas de sustitución de los actuales medios de locomoción que residen en la tecnología del motor de combustión interna. Sin embargo, al resultar esta acción en un desafío elevado por el alto costo de implementación, determina la conveniencia de identificar opciones para adecuar las actuales tecnologías de motores de combustión interna a disposiciones de la transición energética.

Al presente, el progreso alcanzado en las tecnologías de los motores de combustión interna facilita unas opciones de adecuación inigualables para asimilar las políticas de descarbonización; que se traducen en amplias mejoras demostradas para superar rangos de alta eficiencia y mayor rendimiento en consumos y distancias recorridas. Adicionalmente se convierte en un evento factible, extender los ciclos de vida útil con la incorporación de innovaciones asociadas a tecnologías comprobadas que operan a través de consumo de biocombustibles o hidrógeno H₂ verde; producido de fuentes renovables.

De acuerdo con lo expuesto, no existen realidades objetivas para determinar y declarar la eliminación total de los consumos de combustibles de origen fósil, con miras al escenario del año 2050; y mucho menos en fechas cercanas. Lo que se aprecia es una ventana de oportunidades para avanzar en adecuación de la infraestructura existente de procesamiento y refinación de hidrocarburos, y sustentar los procesos de manufactura de combustibles de bajo contenido de carbono de origen fósil.

Como ha sido comentado en páginas anteriores, esta situación se presenta no sólo porque las economías en transición y los países en desarrollo, para generar prosperidad hacia el largo plazo: (a) comprometen, con mayor plazo de tiempo, los períodos de adaptación para facilitar la sustitución de los modelos de desarrollo centrados en economías extractivas de recursos del capital natural disponible, (b) sino en la realidad contradictoria que se sitúa, como un factor cardinal de la economía capitalista, que requiere extender los períodos de vida útil de cualquier tipo de infraestructura para asegurar una recuperación apropiada de la inversión ejecutada en desarrollo y operaciones.

Resulta lícito complementar esta idea señalando que, la actual infraestructura energética e industrial ubicada en los países desarrollados continúa siendo la mayor causante de impactos adversos de carácter climático; y a la cual se deben incorporar, los impactos causados en la expansión de la capacidad industrial que está siendo instalada en las economías en crecimiento – resaltan China e India –. Una

usualmente recorre 1.200 km y muestra una intensidad de carbono equivalente en emisiones de GEI, de cerca de 4 kgCO₂e/km (NRC, 2014 y NRC, 2023).

situación que condiciona y determina la necesidad inmediata de desarrollar soluciones tecnológicas enfocadas a la adaptación y minimización de los procesos causantes de las altas emisiones experimentadas de CO₂; como agente principal de los GEI.

Una economía global enfocada a cumplir las metas del escenario y visión del año 2050 muestra, como factor cardinal de desafío, un largo tiempo de convivencia con la circunstancia de continuar dependiendo de recursos naturales provenientes de fuentes de hidrocarburos y el carbón. Destinados éstos, al procesamiento de combustibles fósiles y a la manufactura de productos químicos requeridos en los procesos de transformación de bienes transables de uso masificado en los niveles actuales de vida modernos – fertilizantes, fibras sintéticas, medicamentos –. Bienes transables que son privativos de las sociedades de consumo, pero con tendencia clave de incremento de consumo a ser satisfecha en economías en desarrollo.

Como ha sido mencionado, el inconveniente principal para alcanzar la eliminación total de combustibles fósiles reside en las dificultades de los sectores económicos asociados a la logística de movilización y transporte global de cargas y pasajeros – marítimo y aéreo – para consumir nuevos combustibles sustitutos, de suficiente densidad energética; y que no se encuentran disponibles. A diferencia de motores de combustión interna para transporte de pasajeros o en cortas distancias.

Se aprecia, en el segmento de la industria marítima asociada a la logística de transporte mundial, que con la expansión del comercio global de “*commodities*” – cereales, hidrocarburos, recursos mineros – y debido al comportamiento incremental del consumo de los mercados de productos de alta demanda, al verse afectados por unos riesgos de disponibilidad que son impactados por causas de origen político y conflictos, desastres naturales o inducidos y carencias de materias primas, se encuentran: (a) obligados a recurrir al mercado “*spot*”, para alcanzar las metas de disponibilidad de insumos y/o (b) a alterar las rutas originalmente previstas de los buques navegando hacia diferentes posiciones geográficas y ocasionando impactos económicos por tiempos de espera inciertos, que se dependen de las causales de variaciones del mercado (Mitchell, 2011).

Situación que afecta cadenas de suministro global y origina una alta demanda de plataformas de buques oceánicos de grandes dimensiones que, aunque presentan limitaciones de tránsito en los canales de Suez o Panamá, en la actualidad, como contrapartida, disponen de la ventaja de ser buques con motores de alta eficiencia energética y mayor capacidad de almacenamiento de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos. Unos combustibles que, como el diésel marino, no son de inmediata sustitución y, sin embargo, se encuentran disponibles en cualquier puerto marítimo del globo.

Es oportuno exponer, como realidad reconocida, que las tecnologías de sustitución por medio de combustibles de bajo contenido de carbono todavía se articulan a través de costos muy elevados y no han demostrado confiabilidad suficiente, como para propiciar su aplicación masiva en las grandes unidades de generación de potencia mecánica de propulsión requeridas por la industria naval; que utiliza motores diésel instalados en los buques de gran porte⁴¹ (Byrum, 2021).

El aumento de las tensiones políticas globales condiciona y predispone a los países a fomentar el crecimiento de la industria de construcción naval de novedosas unidades de superficie destinadas a las armadas. Unas unidades navales que, para mejorar las labores de intercepción, utilizan una combinación de turbogeneradores y motores diésel operando con gasoil⁴².

Un caso emblemático de las dificultades de sustitución por nuevos combustibles de bajo contenido de carbono se aprecia en el sector económico asociado a la aviación comercial. Sector de relevancia global que, por economías de escala en el transporte de pasajeros, requiere colocar en operación aeronaves de mayor dimensión. Facilitando satisfacer incrementos en distancias y tiempos de vuelo, y con relevantes aumentos en capacidad de movilidad en número de pasajeros; y carga.

Esta nueva condición de incremento de la capacidad de los medios de transporte de carga y pasajeros requiere disponer de turborreactores de alta potencia (Smil, 2010) y con mayor consumo equivalente de combustible líquido. Que, por efectos de las distancias largas, conlleva en consecuencia, el compromiso de disponer de espacios adicionales para alojar mayor capacidad de almacenamiento de gasolina de aviación – en inglés, “*aviation gasoline*” y “*jet fuel*”⁴³ –.

⁴¹ Los buques de gran porte para el transporte de hidrocarburos líquidos como los supertanqueros tipo VLCC – en inglés, “*very large crude carriers*” – pueden alcanzar los 340 metros de eslora y con una capacidad de carga cercana a 1 millón de barriles de petróleo – en inglés, “*gross tonnage*” de hasta 164.000 TM equivalentes – y requieren para su propulsión de motores diésel con una capacidad de generación de hasta 35 MWe de potencia. Motores que cuentan hasta con 13 cilindros de gran dimensión y que fácilmente son de 800 mm de diámetro (Marine Insight, 2022).

⁴² Las seis fragatas Clase Mariscal Sucre – tipo Lupo – adquiridas en la década de 1980 por la Armada de Venezuela, disponen de un sistema de propulsión mixto y combinado – en inglés, “*combined diesel or gas*” (CODOG) – a partir de 2 turbinas de gas General Electric LM2500 de 25 MW – 50 000 hp – y 2 motores diésel – 7.800 hp –. Un modelo de turbogas ampliamente utilizado en generación de electricidad por la industria energética nacional; CORPOELEC y la IPPN.

⁴³ Para efectos de comparación, una aeronave Boeing 777 tiene instalados dos turborreactores del modelo General Electric GE 90-115B que generan alrededor de 23 MW de potencia en vuelo crucero – alrededor de 30.843 hp –. Y una aeronave Airbus A380 tiene instalados cuatro turborreactores del modelo Engine Alliance GP 7200 – una asociación entre General Electric y Pratt & Whitney – y requiere para el despegue, una potencia de 230 MW – alrededor de 308.435 hp; cada turborreactor produce 77.109 hp –.

Compromiso que al final, si bien es cierto incrementa las dimensiones de las aeronaves. Sin embargo, es oportuno señalar la sustancial contribución que proyecta la industria aeronáutica, desde inicios del siglo XX, como un impulsor clave en alcanzar retos importantes en innovación y desarrollo tecnológico que se transfieren, como fuente de conocimiento, al resto de la sociedad; materiales de mayor resistencia, prácticas de mantenimiento, electrónica, mayor eficiencia en motores.

Como ha sido indicado en páginas anteriores de la presente SECCIÓN IV, ejecutar un programa nacional de transición energética enfocado hacia la descarbonización de los sectores refinador de los hidrocarburos y petroquímico, debería considerar:

- (a) tanto las expectativas previstas hasta la década del 2040, asociada a fuertes incrementos de los productos derivados de la expansión de la demanda mundial de los hidrocarburos líquidos y gaseosos, y sus derivados;
- (b) como el alcance de los requerimientos de la Agenda 2050, para adecuar la infraestructura de la IPPN y respaldar las iniciativas destinadas a la manufactura de nuevos productos y materias primas que dispongan de la característica esencial, de mostrar un bajo contenido de carbono de origen fósil.

Al respecto tampoco es oportuno obviar el desafío que significa para un país como la Venezuela del presente, recuperar orientaciones de crecimiento económico sustentable y acometer medidas de transformación institucional, en el grado de extensión requeridas para disponer en operación claras políticas climáticas que aseguren, por un lado, (a) producir la suficiente energía y satisfacer la demanda de los consumidores nacionales, y por otro, (b) cumplir compromisos con clientes y mercados globales de nuevos productos de bajo contenido de carbono de origen fósil. Productos que, en un futuro cercano, con los adelantos tecnológicos en el negocio de los hidrocarburos, serán manufacturados a través de la adecuación de las corrientes de refinación e instalaciones petroquímicas; es decir, los procesos en condición “*downstream*” de la IPPN.

Adoptar las provisiones para implantar un marco regulatorio apropiado que facilite impulsar el desarrollo de la industria energética nacional y desencadenar el suficiente rendimiento económico para producir riqueza en la población y superar la presente condición de profunda crisis social, política y económica por la que atraviesa Venezuela, condiciona adelantar las medidas de transformación de las estructuras de gobierno y de su relación con la sociedad, en el nivel exigido por la transición energética pautada en el contexto de Naciones Unidas para acometer de manera sincronizada: una política climática comprometida con la

visión de la Agenda 2050 y satisfacer los compromisos de la estrategia global del DHS.

Acciones éstas que se muestran, en los actuales momentos, como un desafío de gobierno muy elevado a superar. Porque facilitar el arranque de los procesos de descarbonización en los ámbitos urbanos y sectores industriales del país, condiciona la necesidad inmediata de orientar decisiones políticas destinadas a eliminar las barreras institucionales y demostrar que el país está abierto a la presente economía energética impulsada en los mercados globales.

Productos químicos derivados de procesos de conversión de CO₂; polímeros sintéticos y la idea de *e-Fuels*

En ese orden de ideas convendría que, en los procesos de reconstrucción de la infraestructura energética nacional se consideren las opciones de adecuación de las corrientes de refinación e instalaciones petroquímicas emplazadas en procesos en condición “*downstream*” de la IPPN, que vienen siendo implementadas en las industrias de países desarrollados. En los cuales estas orientaciones de adecuación climática están dirigidas a la manufactura de nuevos productos y materias primas, por medio de maximizar el aprovechamiento de las energías provenientes de fuentes renovables y el reciclaje de materiales, residuos y los efluentes generados en procesos de transformación de hidrocarburos y equipamiento de descarbonización, provisto en dispositivos de CCUS instalados en refinerías y en plantas químicas (FuelsEurope, 2019 y Concaawe, 2019a).

Para adelantar las acciones orientadas a la reconstrucción y adecuación de infraestructura de la IPPN, adecuándolas a la agenda climática, procedería una integración técnica con grupos de industrias intersectoriales, locales y foráneas con potencial para impulsar la implementación de medidas de refuerzo de las capacidades tecnológicas disponibles y explotar oportunidades de mercado intrínsecas a las expectativas de expansión de mercados de nuevos productos, materias primas y combustibles derivados de hidrocarburos con bajas emisiones de carbono.

Aprovechando la infraestructura de la IPPN, desarrollar una política de producción orientada a nuevos productos y materias primas, es esencial para garantizar la competitividad del país en el mercado global, y propiciar, a través de la integración intersectorial nacional, la estructuración de bloques industriales destinados: (a) a manufactura de combustibles con bajo contenido de carbono de origen fósil y (b) a una amplia gama de productos químicos y resinas, lubricantes, ceras y asfaltos que afirmen las ventajas competitivas locales. Estos productos son demandados por el mercado para satisfacer expectativas de crecimiento continuo de las sociedades modernas; que indefectiblemente, por la presente y expandida cultura del bienestar y modos de vida actual, seguirán orientadas a satisfacer un consumo masivo de productos y servicios.

Un motor de Formula 1 produce alrededor de 800 hp (KLM, 2018).

Parte de los inconvenientes presentes para superar el asunto de las barreras que interfieren en el desempeño de la hoja de ruta o trayectoria asumida en las agendas de Naciones Unidas para reducir impactos ambientales y promover la transición energética, podría solventarse modificando aquellas políticas del gobierno nacional que se encuentran enfocadas en continuar evadiendo el acompañamiento de las tendencias actuales del mercado energético global. Tendencias que se encuentran dirigidas a satisfacer unas expectativas centradas en consumo masivo de productos y servicios provenientes de opciones de materias primas, asociadas a los hidrocarburos de bajas emisiones.

En un negocio de bajos márgenes de beneficio, como ha sido históricamente el relacionado con los mercados de refinación de hidrocarburos, los costos añadidos por la descarbonización de la infraestructura de procesos de la transición energética y las presiones incrementales de las entidades reguladores, locales y globales para, de acuerdo a la política climática, colocar precio a las emisiones de GEI, elevan el riesgo de reducir la presencia de esta industria venezolana en el mercado global; y propicia la pérdida de los negocios dependientes de la explotación de recursos de origen fósil (BCG, 2022).

A esta exigencia de intensificar los flujos de inversión destinados a la adecuación de la actual infraestructura de la IPPN, como condición para sustentar la permanencia en los mercados globales, incrementando la oferta y mezcla de productos manufacturados – que se aprecian desde ahora sometidos a una fuerte competencia –, se le debería adicionar otra exigencia asociada al ajuste de esta infraestructura para soportar los eventuales y ya previstas consecuencias del cambio climático.

La proyectada modificación negativa de las condiciones meteorológicas presentes en los sitios del eje Norte-Costero del país y en el cual se ubica el sistema refinador y petroquímico nacional, deriva en una condición de alto riesgo que debe ser contemplada en la planificación de largo plazo. Los impactos asociados al incremento de la elevación de los niveles del mar y la presencia de condiciones adversas por lluvias extremas, obligan a adoptar medidas de contención y preservación de la infraestructura física para asegurar la continuidad operacional de la IPPN.

En consecuencia y como agregado al mencionado asunto del riesgo climático, deviene en un hecho fácilmente apreciable que, el desafío para continuar generando beneficios a partir de la explotación y transformación de los recursos naturales de origen fósil del país:

- (a) no sólo está asociado al desarrollo de inversiones para cumplir la política global de descarbonización y relacionada con el estándar y los protocolos de medición y reporte corporativo de los impactos de GEI ocasionados por las empresas y gestionado por la organización World Resources Institute con el Programa denominado “Greenhouse Gas Protocol”

en función de las definidas como alcance 1 o “*scope 1*” – emisiones de GEI bajo control directo por la empresa – y las del alcance 2 o “*scope 2*” – emisiones de GEI causadas por la empresa – (GHGPC, 2004);

- (b) sino que coincide con una obligación de la Agenda 2030 y la cual consiste en mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de GEI en las operaciones directas dentro de instalaciones y los medios de almacenamiento y transporte o fuentes controladas en la fase de producción, en los procesos operacionales de la IPPN.

Este desafío se amplifica a través de una obligación impuesta por el mercado global que reside en la necesidad de observar, durante el ciclo de vida útil de los productos suministrados por la IPPN, que las emisiones de GEI típicas del alcance 3 o “*scope 3*” – emisiones de GEI causadas por el uso de parte de terceros de los productos comercializados por la empresa – se encuentren ajustadas e incluyan compromisos de neutralidad climática, establecidos en la Agenda 2050.

En línea con lo expuesto, el negocio nacional de procesamiento y transformación de recursos de origen fósil estaría siendo favorecido al implementar medidas para integrar la evolución de los avances de las tecnologías de descarbonización y también de las digitales – en control de emisiones de GEI y eficiencia energética –, con la demanda de productos alternativos de menor huella de carbono. Una gestión que induce a proceder con medidas de adecuación a la visión de la agenda climática, de la infraestructura de la IPPN; aprovechando las ventajas y oportunidades presentes en el apoyo de la sociedad global a las acciones para implantar una regulación favorable a la transición energética (BCG, 2022).

Es apropiado mencionar que en el asunto del control de emisiones de GEI y las mejoras en eficiencia energética asumidas en los países desarrollados, el sector refinador y petroquímico se encuentra enfocado, en una primera intervención, a la aplicación de unas medidas operativas asociadas a la implantación de soluciones técnicas tendientes a reducir la intensidad de la huella de carbono; y maximizar por medio de ajustes y nuevos dispositivos, la obtención de rendimientos energéticos del equipamiento emplazado en las instalaciones operacionales del sector industrial (FuelsEurope, 2019 y Concaawe, 2019).

Estas medidas se enfocan en soluciones técnicas relacionadas básicamente con nuevas inversiones destinadas a la sustitución de equipos existentes que posibiliten, en los procesos de transformación de los recursos de origen fósil:

- (a) obtener reducciones en los consumos de combustibles líquidos y aprovechar los efluentes gaseosos para minimizar el impacto por venteo a la atmósfera de los gases generados;
- (b) y aprovechar el calor latente de baja calidad disponible, resultante en las operaciones de generación de energía eléctrica, para el uso de

industrias petroquímicas integradas en áreas vecinas o a sectores de servicios públicos y comunidades ubicados en la cercanía.

Son opciones de medidas de eficiencia energética que revierten en beneficios plausibles desde el punto de vista climático, al estar asociados a la reducción de emisiones de GEI. No obstante, proporcionan un beneficio adicional al facilitar los acoplamientos empresariales tendientes a una mayor economía de escala a nivel regional. Por ejemplo, a través de mejoras en la optimización del uso de calor effluente y del vapor generado y los incrementos de la potencia energética disponible en la industria hidrocarburífica, que son transferidos a otros sectores industriales y de servicios; y también a la comunidad.

Conviene resaltar que la capacidad de generación de potencia energética que se encuentra disponible en la industria hidrocarburífica, una vez integrada con procesos de descarbonización en los sistemas de generación y suministro de energía eléctrica, se convierte en un recurso clave aprovechable en acoplamientos empresariales al aplicar medidas apropiadas y destinando, por medio de procesos de electrólisis, a manufactura de hidrógeno H_2 verde; producido de fuentes renovables.

Ha sido expuesto en páginas anteriores que en los procesos productivos donde el intercambio de temperaturas ocurre en rangos menores a los $300^\circ C$, es factible adelantar al corto plazo los procesos de descarbonización. Por la vía de incrementar la electrificación directa de sistemas térmicos en las instalaciones de manufactura con calor de proceso de baja y media temperatura y sustituyendo sistemas de transferencia de calor existentes; que, usualmente, son equipamientos mecánicos que operan en base a consumo de combustibles fósiles – hornos y calderas –.

En rangos superiores a los $300^\circ C$, el actual avance de las tecnologías de intercambio térmico por electrificación no facilita la sustitución del equipamiento. En consecuencia, durante el corto plazo es preciso que los procesos de descarbonización se orienten a la instalación de dispositivos de CCUS que, por un lado, aseguren la captación de CO_2 y GEI y por otro, actúen sobre las corrientes de refinación que operan con combustibles de origen fósil y gases o líquidos effluentes de los procesos, por la vía de la sustitución parcial de los volúmenes de estos combustibles.

Impulsar el equipamiento de CCUS constituye una nueva ruta tecnológica dirigida a la captura y almacenamiento de CO_2 , con el interés de crear oportunidades para que la IPPN propicie el desarrollo de una economía basada en el uso del carbono. Que, de esta manera, se convierte en un producto de comercialización de materia prima con características de viabilidad económica similares a los “*commodities*”, y destinada a usos por otros segmentos de la industria; como los procesos en “*upstream*”. Una nueva ruta tecnológica empleada también, en aquellos procesos destinados a transformación y

manufactura de nuevos materiales, como polímeros y combustibles alternativos (UKPIA, 2017).

En la Figura N° 07 incluida a continuación, se aprecia un diagrama que refleja las expectativas de negocios en productos químicos derivados de los nuevos procesos de conversión de CO_2 y su transformación en productos químicos intermedios, polímeros y combustibles. Se reafirma la condición de “*commodity*” del CO_2 al valorizar que, a nivel mundial, alrededor de 230 millones de TM/año de CO_2 son transformadas en productos químicos de alto valor (FutureBridge, 2023).

El desarrollo de líneas de negocios orientadas a la manufactura de combustibles alternativos a partir de CO_2 , coincide con la tecnología basada en el uso de la energía eléctrica obtenida de fuentes renovables, denominada en inglés, “*power-to-liquids technologies*”; en adelante *e-Fuels*.

El concepto de *e-Fuels* aplica a aquellos combustibles sintéticos obtenidos de procesos que utilizan energías provenientes de fuentes renovables para, por medio de un proceso de hidrólisis, combinar (a) CO_2 capturado de la atmósfera o de procesos de CCUS e (b) H_2 obtenido del agua; preferiblemente recuperada de procesos de tratamiento.

Adicionalmente muestran un apropiado balance de neutralidad climática, por la característica que el CO_2 utilizado no genera emisiones de GEI durante los procesos en motores de combustión interna (eFuel Alliance, 2023).

Al igual que otros combustibles alternativos obtenidos de las corrientes de refinación, como H_2 gris y H_2 verde, los *e-fuels* exponen la ventaja de ser compatibles con los motores de combustión interna disponibles en el mercado⁴⁴. Y facilita su implantación, la existencia de una amplia cadena de mercadeo interno extendida a través del territorio nacional, que son las bombas de gasolina.

Dentro de nuevas líneas de negocios orientadas a manufactura de combustibles alternativos se incluyen los denominados biocombustibles de segunda generación, manufacturados a partir de materias primas consideradas residuos orgánicos; y no necesariamente provenientes de los sectores de alimentos y agroindustrial. En la hoja de ruta climática prevista para alcanzar la Agenda 2050, se muestra la intención de extender los ciclos de vida útil de la

⁴⁴ Posterior a su procesamiento en instalaciones de “*downstream*”, los *eFuels* pueden ser mercadeados bajo diferentes denominaciones como: eGasoline, eDiesel, eHeating oil, eKerosene and eGas, reemplazando los combustibles convencionales (eFuel Alliance, 2023).

Existe una denominación más amplia del concepto de “*power-to-liquids technologies*”, utilizado en la producción de combustibles de característica *eFuels* para su consumo en procesos energéticos, que se conoce como “*power-to-X*”, al aplicarse a procesos de transformación para producir productos químicos y entonces se denominan: “*power-to-chemicals*” y “*power-to-ammonia*” (Haltermann Carless, 2022).

infraestructura asociada a la transformación de los hidrocarburos en las unidades de procesamiento de refinerías tradicionales. Las cuales son fácilmente adaptables para coprocesar o convertirlas completamente a la manufactura de

biocombustibles; y procesar materias primas biológicas (FuelsEurope, 2019).

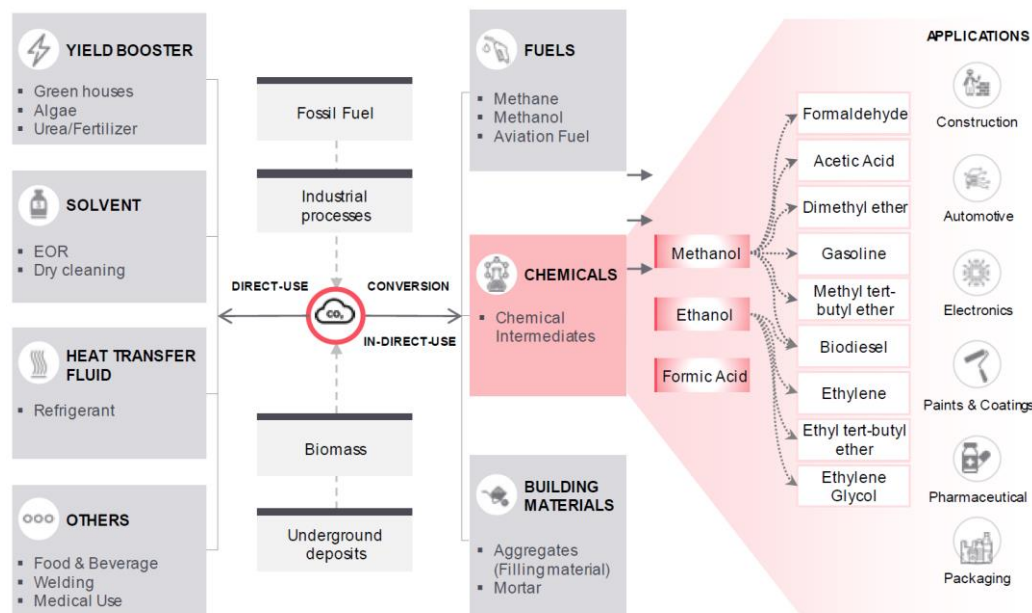


Figura N° 07. productos químicos derivados de procesos de conversión de CO₂

Fuente: FutureBridge Analysis. "CO₂ to Chemicals. Converting CO₂ emissions into intermediate and platform chemicals". Infographic (FutureBridge, 2023)

<https://www.futurebridge.com/whitepaper/converting-co2-emissions-into-chemicals/>

Esta condición técnica ofrece importantes sinergias de inversiones en la relación capital-gasto, a partir de la utilización de activos tradicionales de refinación de hidrocarburos. Se convierte en una oportunidad para competir con reducciones de hasta un 60% de la inversión al compararla con nuevas instalaciones de biorrefinería; y con hasta un 30% menos en gastos operacionales (BCG, 2022).

En la transición de combustibles de origen fósil a combustibles de bajo carbono se considera, como solución intermedia, la expansión de los usos del gas natural por la condición de hidrocarburo de baja intensidad de carbono. Aplicar acciones asociadas a la idea de promover una economía del metanol, a partir de la transformación de gas natural, facilitaría adicionalmente construir una economía circular coherente con la meta de NZE en la Agenda 2050 (FuelsEurope, 2019).

Es oportuno comentar que uno de los factores que promueven, dentro del sector de refinación global, propiciar la búsqueda de alternativas de mercado para los nuevos productos derivados de los hidrocarburos, se afianza en la prohibición global de transportar en los buques y utilizar

como combustible, el fueloil marino⁴⁵; no reglamentario. Resolución adoptada por la Organización Marítima Internacional⁴⁶ – en adelante por sus siglas en inglés, IMO – que entró en vigor a partir del 1 de marzo de 2020 (IMO, 2021) y que coloca en significativa condición de disponibilidad, extensos volúmenes de un producto que se obtiene en las refinerías tradicionales en las primeras fases de destilación; en las unidades de destilación de vacío (FutureBridge, 2019).

El otro factor que ha impulsado la readecuación del negocio de refinación y las nuevas inversiones enfocadas en la adaptación de la infraestructura del sector de los recursos de origen fósil, reside en el crecimiento de la demanda de los polímeros sintéticos o plásticos que se observa a nivel global. En particular, en aquellos países de economías desarrolladas o también en crecimiento, miembros de la OCDE⁴⁷, que invierten en nueva infraestructura petroquímica.

⁴⁵ En inglés, "bunker fuel" para diferenciarlo del fueloil que se consume en plantas termoeléctricas a vapor. Producto que se denomina en el mercado como High Sulfur Fuel Oil (HSFO).

⁴⁶ En inglés, International Maritime Organization (IMO); agencia de Naciones Unidas establecida en 1948, en Génova, Suiza.

⁴⁷ La denominada en inglés, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) con sede en París, Francia, agrupa 38 países e incluye de Latinoamérica, a Chile (2010), Costa

Conviene observar el gran volumen de negocios que en la actualidad representa, dentro de la economía global, la industria asociada a polímeros sintéticos o plásticos. El tamaño del mercado mundial de plásticos se valoró en 568.900 millones de US\$ en el año 2019 e independientemente a las limitaciones ocasionadas por la pandemia del COVID-19, (a) se acercó a 590.000 millones de US\$ en 2020 y (b) se proyecta que progrese a una tasa de crecimiento anual compuesto – en inglés, “*compound annual growth rate*” (CAGR) – del 3,2%, entre 2020 y 2027; hasta alcanzar un valor de 722.600 millones de US\$, en el año 2027 (grandviewresearch, 2020).

La manufactura de polímeros sintéticos o plásticos coincide con un sector de la economía en el cual, con semejante dimensión de negocios a nivel global, se advierte con claridad que no resultan apropiadas ni sostenibles las acciones para limitar el crecimiento de una de las industrias de mayor dinamismo, que se encuentra extendida a toda la economía global.

Con efectos demostrativos y sólo como elemento de comparación y contraste de rendimiento económico, la producción petrolera mundial en los últimos años supera los 80 millones de barriles diarios (MBD) – también se utiliza: MBBL/día – de petróleo crudo y con un precio promedio de realización de 40 US\$/barril, se obtiene un monto diario en transacciones de 3.200 millones de US\$/día. Y en base anual, ese monto se proyecta a un valor de 1.168.000 millones de US\$/año.

El soporte básico de la industria petroquímica se encuentra “apalancado” precisamente por la industria hidrocarbúrfica; la cual suministra los recursos de materias primas. Y las proyecciones de incrementos del consumo de productos manufacturados con polímeros sintéticos o plásticos siempre mostrarán, en las sociedades modernas de consumo, un crecimiento asegurado para satisfacer los requerimientos en la transición energética de alcanzar la neutralidad climática.

Las oportunidades de crecimiento de la industria de polímeros sintéticos o plásticos disponen como fuertes “habilitadores” de los segmentos de negocio a sectores industriales en los cuales, los productos manufacturados a partir de resinas sintéticas e integrados en equipos y dispositivos mayores, exhiben una amplia utilización. Situación que se observa en los sectores automotriz y energético, que adicionalmente impulsan, el consumo de los productos del sector electrónico.

El crecimiento de la industria de los plásticos está asegurado con las estrategias de sustitución de las fibras naturales por fibras sintéticas empleadas en la industria textil y la de empaques. Visión establecida en la estrategia europea para los plásticos con la implantación de una economía circular y que

debería entenderse como un plan para proteger los mercados de la industria del plástico europea. Sin atisbo de duda, proteger mercados y economía son medidas para asegurar desarrollo sostenible⁴⁸ (EU, 2018); no obstante, fomentar el reciclaje de productos los plásticos al final de su vida útil, que es una condición de la economía circular, imprime un fuerte impulso a la reducción de la huella de carbono causada.

Las orientaciones principales que promueven innovaciones tecnológicas en la industria textil para crear fibras sintéticas, no sólo están enfocadas a la búsqueda de alternativas más baratas a productos equivalentes confeccionados con las fibras naturales. La razón reside en que los textiles manufacturados de materiales sintéticos se producen en grandes cantidades y cumplen con el objetivo de satisfacer las necesidades de los mercados de consumo masivo; al presente, con gran amplitud.

Al final resulta difícil, por no decir imposible, entender el desarrollo en la vida moderna sin el acompañamiento de los productos manufacturados a partir de polímeros sintéticos. Como se aprecia en la Figura N° 08 incluida a continuación, en la página siguiente, en la cual se muestra la multiplicidad de usos de los polímeros sintéticos o plásticos transformados en productos transables que han pasado a ocupar un lugar ubicuo en la vida diaria; llegando no sólo a ser considerados dentro de lo “común”, sino un claro símbolo de prosperidad en las sociedades de consumo de la actual modernidad.

En la Figura N° 09 incluida a continuación y también en la página siguiente, se aprecia por medio de un diagrama de bloques, el esquema de integración clásica entre los procesos de refinación y la manufactura de materias primas para la industria petroquímica. Resalta dentro de las unidades de proceso el denominado “*fluid catalytic cracker*” (FCC), que convierte los productos primarios de las unidades de destilación de vacío, el gasóleo de vacío, un componente de alta densidad y bajo valor de comercialización del petróleo crudo, en productos más valiosos, como la gasolina (McKinsey, 2022).

⁴⁸ En los países de la Unión Europea la industria de plásticos (a) da empleo directo a más de 1,6 millones de personas, (b) con una facturación en 2018, de más de 360.000 millones de euros, (c) una contribución de 28.800 millones de euros a las finanzas públicas, y lo más importante, (d) domina el 17% del mercado global de plásticos – después de China que tiene el 30% de la industria – y (e) con una demanda interna de 52 millones de TM/anuales, (f) la producción interna alcanzó 62 millones de TM/anuales; de 359 millones de TM a nivel global, al 2018 (Plastic Europe, 2019 y Plastic Europe, 2021).

Un punto de especial atención es que las nuevas plantas instaladas en China, son inversiones en expansión de capacidad de plantas propiedad de empresas europeas de alta tecnología y en las cuales se aplican las innovaciones tecnológicas que son producto de inversión interna de las empresas, en investigación y desarrollo. Adicionalmente, con una estrategia de negocios enfocada en productos de alto margen de comercialización, como el sector de los empaquetados, se aprecia que las empresas europeas venden tecnología y productos en nuevos mercados de consumo masivo; de economías emergentes.

Rica (2021), Colombia (2020) y México (1994); y a Noruega, Canadá, Australia, Reino Unido y EEUU, como países exportadores de combustibles de origen fósil y minerales.



Figura N° 08. polímeros sintéticos desarrollados y comercializados desde el siglo XX
Fuente: infografía de elaboración propia, JLG Martínez-Barruchi

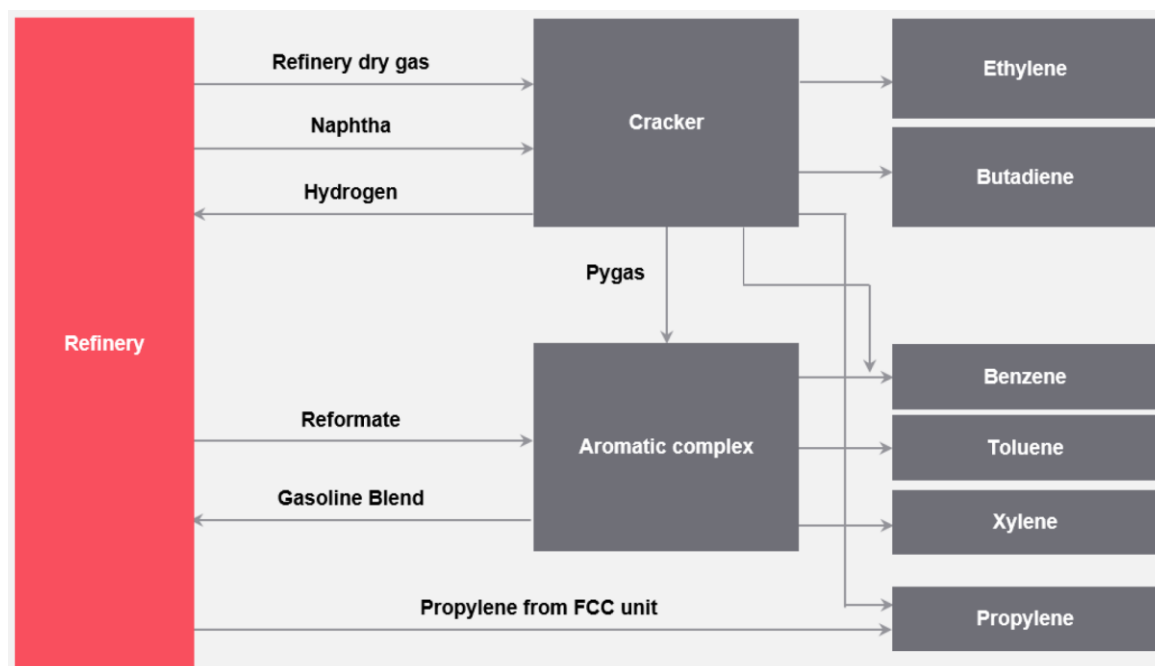


Figura N° 09. diagrama de bloques de una integración entre refinería y petroquímica

Fuente: FutureBridge Analysis. "Crude Oil-to-Chemicals: Future of Refinery".

(FutureBridge, 2019).

[https://www.futurebridge.com/blog/crude-oil-to-chemicals-future-of-refinery/#:~:text=Crude%20oil%20Dto%2Dchemicals%20\(a%20non%2Dintegrated%20refinery%20complex.](https://www.futurebridge.com/blog/crude-oil-to-chemicals-future-of-refinery/#:~:text=Crude%20oil%20Dto%2Dchemicals%20(a%20non%2Dintegrated%20refinery%20complex.)

La gasolina procesada en la unidad de FCC contiene nafta y materiales aromáticos que son separados como materia prima petroquímica, y adicionalmente produce olefinas ligeras cuyo volumen se incrementa con la adición de catalizadores que generan mayores rendimientos. La tecnología COTC está siendo orientada a incrementar la producción de materias primas a partir de los petróleos pesados – los provenientes de la FPO –, con el desarrollo del denominado “*high-severity*” FCC⁴⁹.

La aplicación de la tecnología COTC facilita convertir corrientes de refinería de bajo valor, en productos de alto valor en el mercado y adecuados para los procesos integrados con la industria petroquímica; modificando la mezcla y la disposición de las unidades de proceso en las refinerías. Una refinería moderna típica emplea diferentes tecnologías en cada una de las unidades de proceso y que están dirigidas a lograr mejores rendimientos en manufactura de productos de características y usos diversos. Es por esta razón que los cambios específicos implementados por medio de la tecnología COTC, que actúen en diseño de procesos y la operación de la refinería, aumentarían los rendimientos en productos petroquímicos.

Por ejemplo, en el diagrama mostrado en las anterior Figura N° 4 y la N° 5 se aprecia que las unidades de proceso de coquización retardada – DCU “*delayed coker unit*” –, hidrocrackeo residual – HCK “*hydro cracker*” – y VBU “*visbreaker unit*” separan el denominado crudo vacío residual; que posteriormente es utilizado en la producción de asfaltos y “*coke*” o coque petrolero. Estos procesos son importantes para incrementar el aprovechamiento de los petróleos pesados de Venezuela, pero requieren de adaptación de tecnologías para mejorar los rendimientos en producción. Las orientaciones de estas tecnologías se dirigen a: (a) incrementar la utilización de H₂ gris, que es un efluente común en las refinerías de conversión profunda, y (b) la sustitución de gas propano por los denominados solventes, que mejoran el aprovechamiento de residuales en la manufactura de lubricantes y su posterior envío a unidades de craqueo catalítico (DigitalRefining, 2020).

Las materias primas que se utilizan en la industria de los polímeros sintéticos o plásticos, provienen de la industria de los hidrocarburos. Los requerimientos de materiales para procesar y obtener monómeros y polímeros y continuar con la manufactura de productos plásticos, requiere disponer de ingentes volúmenes de materias primas provenientes de la transformación de los hidrocarburos, líquidos y gaseosos, para su posterior procesamiento en la industria petroquímica.

Con los compromisos establecidos en la Agenda 2050 para alcanzar niveles avanzados de neutralidad climática y adelantar las medidas de transición energética, cumpliendo

con la política climática global, es prudente iniciar acciones de gobierno para reorientar los planes y estrategias de desarrollo del país. En este contexto, la industria petroquímica nacional debería ser considerada como factor primordial para impulsar la incorporación de la IPPN a los negocios globales que se derivan de (a) la mencionada nueva economía del plástico, por un lado y por otro, (b) a los requerimientos de mercado de los nuevos combustibles de baja huella de carbono; provenientes en su mayoría, de la adaptación de los procesos de transformación directa de hidrocarburos en las refinerías.

La economía de Venezuela, exterioriza una alta concentración y dependencia económica de los sistemas extractivos y de transformación de recursos de origen fósil y minerales, y por los recursos naturales disponibles en el territorio nacional, se encuentra condicionada a favorecer la explotación de esos recursos y lograr así, las condiciones básicas de una economía sostenible en el largo plazo que proporcione asegurar, por medio de políticas públicas oportunas y medidas de carácter legal firmes, fomentar el desarrollo de la infraestructura industrial y de servicios del país y propiciar mayor crecimiento económico y bienestar de la población; mejorando las condiciones de vida.

El desafío reside en adelantar la hoja de ruta de la transición energética a partir de alcanzar metas importantes que, en la visión de la teoría del DHS y como resultado de la situación de precariedad presente en Venezuela, se encuentran circunscritas a cómo articular políticas climáticas demostrativas de impactos positivos al ambiente y que al mismo tiempo afirmen, las expectativas establecidas en la visión del componente social y de reducción de desigualdades, previstas en la visión de los ODS, de la Agenda 2030.

A manera de comentario final, es oportuno referir que el comercio global, al ser una realidad compleja, requiere de dominio de información y conocimiento completo para interpretar giros de situaciones en continuo movimiento y que afectan a la industria energética de los países con economías dependientes de la extracción de los recursos naturales de origen fósil y minerales. Una situación que apremia a estos países a propiciar acciones tempranas destinadas a la adaptación de las infraestructuras operacionales y las políticas públicas, bajo un criterio de amplia visión para aprovechar las oportunidades presentes en los mercados globales; que no siempre se repiten.

La industria energética global depende del comercio mundial para expandir las capacidades productivas y mantener operativos, (a) extendiendo al máximo los ciclos de negocios y (b) procediendo a ajustar a los requerimientos climáticos, por medio de innovación y tecnología, las infraestructuras existentes del sector de explotación de materias primas de origen fósil y reorientándolas a la manufactura de nuevos productos de baja huella de carbono; que muestran al presente, una alta demanda en los mercados globales.

⁴⁹ El proceso de alta gravedad denominado “*high-severity*” FCC ha sido desarrollado por JX Nippon Oil and Energy Corporation, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Axens, and Saudi Aramco. Y en 2019, S-Oil de Corea del Sur empezó a comercializar esta tecnología (McKinsey, 2022).

Adicionalmente, observando el cumplimiento de la visión de la Agenda 2050 y la adaptación preventiva de los países, para activar medidas previstas en las políticas globales y enfrentar el predecible escenario de ampliación de las incidencias negativas de los efectos del cambio climático, e identificadas a manifestarse con extrema dureza, a partir del año 2050.

Independientemente de disponer de personalidad jurídica propia, el gobierno de Venezuela no dispone de autonomía en el contexto mundial de los países y, en consecuencia, no es prudente intentar colocar condiciones de aislamiento o de ruptura de relaciones comerciales entre países. Razón por la cual debería identificar con precisión el grado de complejidad que determinan las acciones a futuro para alcanzar mejor crecimiento económico y prosperidad de la población, bajo los criterios del DHS; una acción coherente con los requerimientos de la transición energética, en la visión de la Agenda 2050.

Como primera acción de gobierno resultaría conveniente internalizar cómo interpretar el comportamiento del comercio global. Un comportamiento que al no tomar en cuenta los modelos políticos que gobiernan a los países, podría ser expresado por medio de la visión asociada al concepto de “hiperobjeto” (sic) en el Antropoceno, que, como el calentamiento global, las variaciones climáticas o los combustibles fósiles, se encuentran distribuidas masivamente en tiempo y espacio a nivel global (Morton, 2013). Conviene tomar en cuenta que a veces el comercio global se comporta igual que la naturaleza, esa “entidad” (sic) siempre presente que se distribuye masivamente ocupando espacios en ambientes en los cuales conviven los humanos, que muestra un carácter viscoso y que, por su condición de extraterritorialidad, al no ser local, y de extratemporalidad, se muestra de forma diferente a los ciclos de vida de los propios humanos.

Es oportuno resaltar que, cuándo por carencias culturales y desconocimiento del sentido de progreso que produce inacción en las acciones de gobierno y evade la responsabilidad de asegurar la debida proyección intergeneracional de los beneficios existentes, con un fuerte carácter de sustentabilidad requerida para transferir a las sociedades futuras, la pérdida de la idea del instante que propicia el aprovechamiento de las oportunidades que aparecen en el comercio global, a veces se expresa a través de esos desastres de carácter social que sobrevienen en las naciones.

Una situación que debe ser considerada, en las condiciones presentes de Venezuela, como un escenario plausible ...

ANEXO 01 ... compromisos climáticos de Naciones Unidas ratificados por Venezuela

Los compromisos climáticos de Naciones Unidas han sido ratificados en su momento oportuno por los diferentes gobiernos de Venezuela; y de acuerdo con la siguiente cronología:

- La CMNUCC fue ratificada en el año 1994, mediante publicación en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.825 Extraordinario del 27 de diciembre de 1994.
- El CMP fue aprobado y publicado en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.081 del 07 de diciembre de 2004.
- El Acuerdo de París sobre Cambio Climático (a) fue adoptado el 12 de diciembre de 2015, (b) el 22 de abril de 2016 se suscribió el Acuerdo de París sobre Cambio Climático, en el acto conmemorativo del Día de la Tierra, y (c) el 21 de julio de 2017 Venezuela procedió a ratificar el Acuerdo de París sobre Cambio Climático.

Adicionalmente se formalizó el compromiso de las NDCs, a través de (a) la publicación del documento denominado: “Primera Contribución Nacionalmente Determinada (CND) de la República Bolivariana de Venezuela para la lucha contra el Cambio Climático y sus efectos”, de fecha Julio 2017 (NDC-VLA, 2017), y (b) la entrega respectiva ante la Secretaría Ejecutiva de la CMUNCC, con sede en Bonn, Alemania, realizada en el mes de febrero de 2018.

Dentro de las medidas institucionales implementadas, de acuerdo con el compromiso de las NDCs, el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC) estableció:

- (a) como Autoridad Nacional Ambiental, en fecha 16 de enero del año 2019 constituye al interno de su estructura organizativa, la “Dirección General de Adaptación y Mitigación del Cambio Climático”;
- (b) y para gestionar el acceso al financiamiento climático, el gobierno nacional ha adoptado arreglos institucionales mediante el nombramiento del “Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, como la Autoridad Nacional designada ante el Fondo Verde del Clima”; por medio del Decreto N° 4.585 de fecha 21 de septiembre de 2021, publicado en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 42.217 de la misma fecha.

Posteriormente, y como perfeccionamiento del compromiso de las NDCs, el gobierno nacional entregó en noviembre 2021 el documento denominado: “Actualización de la Contribución Nacionalmente Determinada de la República Bolivariana de Venezuela para la lucha contra el Cambio Climático y sus efectos” (NDC-VLA, 2021).

Como se aprecia, si bien es cierto que los diferentes acuerdos climáticos de Naciones Unidas se han oficializado a través de la Gaceta Oficial de la República de Venezuela, facilitando establecer las bases de un marco normativo a largo plazo y cumplir con los compromisos de la agenda climática global, dentro del contexto de Naciones Unidas, también es conveniente alertar que esas medidas deben ser acompañadas de acciones de gobierno demostrativas del interés en cumplir

los programas climáticos; y no centrarse sólo en actualizar periódicamente las NDCs.

Es oportuno comentar que los compromisos adquiridos por los representantes de Venezuela en la COP26 en relación al Programa de Mitigación y en virtud de los acuerdos de transparencia entre los países, fue aceptado que el desempeño de compromisos identificados en el Programa de Mitigación sería objeto de revisiones anuales a ser formalizadas en reuniones de ministros de los países (Barruchi, 2021c).

El interés de esta revisión es mostrar progresos reales en el cumplimiento de las NDCs y la ejecución de metas en estrategias a largo plazo (ELP) para alcanzar objetivos de eliminación de emisiones netas de carbono – NZE – previstas en la Agenda 2050, que implican esfuerzos para:

- (a) sustituir la infraestructura de producción energética asociada al consumo de combustibles fósiles provenientes de hidrocarburos y carbón – generadores de la alta huella de CO₂ y de GEI experimentada –;
- (b) detener y revertir los impactos causados por los procesos de deforestación y explotación minera;
- (c) reducir las emisiones de metano (CH₄) de carácter antropogénico;
- (d) y acelerar el cambio tecnológico dirigido hacia los sistemas de movilidad y transporte y propiciar un mayor uso de vehículos eléctricos y consumidores de combustibles verdes.

Compromiso que precisa de entrega de documentación y evidencias apropiadas que permitan visualizar si el país está asumiendo con responsabilidad, las acciones de trabajos en ejecución tendientes a cumplir las metas de la Agenda 2030. Evidencias que deberán fundamentar los alcances obtenidos en la elaboración del diseño de los programas climáticos, identificando las medidas a ser adelantadas y la extensión de los recursos con los cuales se acometerán los objetivos previstos para cumplir el Programa de Mitigación.

En caso de no lograr aportar suficientes elementos de convencimiento, esta condición limitaría oportunidades del país para participar en programas de asistencia técnica y ayudas financieras contemplados en la COP26. Y sólo por la crítica situación social, política y económica del país, que precisa de amplios desembolsos de capital debería configurar en lo inmediato un asunto de especial atención de parte del gobierno de Venezuela.

ANEXO 02 ... capacidad instalada de refinación en Venezuela; a la fecha de corte 2015

De acuerdo con un resumen de las operaciones de refinación en el país, a un corte de fecha 2015 extraído de la página electrónica de PDVSA y reflejado en el último informe de gestión disponible (PDVSA, 2015), se describe a continuación la capacidad instalada de refinación, tanto en los

tres complejos refinadores del país como en el sitio de ubicación de los cuatro mejoradores mediante conversión directa en unidades de coquización retardada de petróleo pesado – en inglés, “*delayed coking*” – de la Faja Petrolífera del Orinoco (FPO) La infraestructura de refinación y transformación de petróleo pesado de la FPO ubicada en Venezuela, corresponde a la siguiente:

- 1º. El Complejo Refinador de Paraguaná (CRP)⁵⁰ es una refinería de petróleo crudo ubicada al Oeste de la Península de Paraguaná en el estado Falcón, con una capacidad total de procesamiento de 971 mil barriles diarios – en adelante por sus siglas y siguiendo la notación de PDVSA, referido a KBD – y responsable del 71% de la capacidad de refinación nacional. Constituida mediante la combinación de tres refinерías existentes: (a) la Refinería Amuay (645 KBD), (b) la Refinería Cardón (310 KBD) y (c) la Refinería Bajo Grande (16 KBD); esta última dedicada a la producción de asfalto y ubicada en la Costa Occidental del Lago de Maracaibo, al Sur de la ciudad de Maracaibo, estado Zulia.

Al corte del año 2015, el volumen de crudo procesado en el CRP en 2015, fue de 587 KBD; pero al incorporar 91 KBD de insumos destinados a procesos y mezclas se obtuvieron 678 KBD de productos, los cuales corresponden con los siguientes productos:

- (a) 175 KBD a gasolinas y naftas,
- (b) 207 KBD a jet y destilados – Diésel y gasoil –,
- (c) 177 KBD a residuales – fueloil –,
- (d) 14 KBD a asfaltos,
- (e) 5 KBD a lubricantes, y
- (f) 100 KBD a otros productos.

- 2º. El Complejo de Refinación Oriente (CRO), ubicado en el estado Anzoátegui, posee una capacidad total de procesamiento de 192 KBD de crudos livianos y pesados, y está conformado por las instalaciones de la Refinería Puerto La Cruz (RPLC), que cuenta con tres destiladoras atmosféricas principales (DA-1, DA-2 y DA-3) con capacidad de procesamiento de 187 KBD y las instalaciones de la Refinería San Roque (SRQ) (DA-4), la cual procesa 5 KBD de crudo parafinas, siendo la única refinерía de producción de parafinas en el país.

Al corte del año 2015, el volumen de crudo procesado en el CRO en 2015, fue de 179 KBD; pero al incorporar 47 KBD de insumos destinados a procesos y mezclas se

⁵⁰ Nota: Es oportuno comentar que actualmente, el CRP es la tercera refinерía de petróleo más grande del mundo; después de las refinерías de (a) Jamnagar en la India, con 1,24 millones (MBD) de capacidad y propiedad de Reliance Industries Limited y (b) Ulsan en Corea del Sur, de 1,12 MBD de capacidad y propiedad de SK Energy.

obtuvieron 225 KBD de productos, los cuales corresponden con los siguientes productos:

- (a) 75 KBD a gasolinas y naftas,
- (b) 56 KBD a jet y destilados – Diésel y gasoil –,
- (c) 85 KBD a residuales – fueloil –, y
- (d) 17 KBD a otros productos.

3°. La Refinería El Palito (RELP), tiene una capacidad de procesamiento de 140 KBD de crudo mediano y está ubicada en el estado Carabobo. Al corte del año 2015, el volumen de crudo procesado fue de 100 KBD; pero al incorporar 103 KBD de insumos destinados a procesos y mezclas se obtuvieron 203 KBD de productos, los cuales corresponden con los siguientes productos:

- (a) 86 KBD a gasolinas y naftas,
- (b) 69 KBD a jet y destilados – Diésel y gasoil –,
- (c) 38 KBD a residuales – fueloil –, y
- (d) 10 KBD a otros productos.

4°. En el Complejo Industrial Gral. Div. José Antonio Anzoátegui (CIJAA) – El Jose – ubicado al Norte del estado Anzoátegui entre las ciudades de Barcelona y Puerto Píritu, se encuentran ubicadas las instalaciones de los cuatro mejoradores de petróleo pesado de la FPO; con una capacidad de transformación en petróleo sintético de alrededor de 560 KBD.

- (a) Petromonagas – originalmente Cerro Negro – con capacidad de producir 120 KBD de petróleo pesado (Vázquez, 2002) – y procesar 105 KBD de petróleo mejorado a 16° API y 110 TM/día de azufre y 2.040 TM/día de coque petrolero – en inglés, “*delayed petroleum coke*” –,
- (b) Petropiar – originalmente Ameriven– con capacidad de producir 190 KBD de petróleo pesado y procesar 179 KBD de petróleo mejorado a 25.9° API y 668 TM/día de azufre y 4.040 TM/día de coque petrolero (Ameriven, 2005);
- (c) Petrocedeno – originalmente Sincor – con capacidad de producir 192 KBD de petróleo pesado y procesar 169 KBD de petróleo mejorado a 32.5° API y adicionalmente, con capacidad de procesar 900 TM/día de azufre y 6.000 TM/día de coque petrolero; la capacidad de infraestructura de destilación corresponde al siguiente equipamiento de unidades de refinación y mejoramiento de crudo (Sincor, 2009):

- Refining Unit
 - Atmospheric distillation unit: 284,000 barrels per day
 - Vacuum distillation unit: 176,000 barrels per day
 - Delayed Coker
 - Hydrocracker: 70,000 barrels per day

- Distillate hydrotreater: 93,000 barrels per day
- Sulfur complex
 - Three Sulfur Recovery Units (403 MTPD each):
 - A Tail Gas Treatment Unit,
 - Two Amine Regeneration Units,
 - One phenolic Sour Water Stripper,
 - One non-phenolic Sour Water Stripper

- (d) Petroanzóategui – originalmente Petrozuata – con capacidad de producir 190 KBD de petróleo pesado y procesar 103 KBD de petróleo mejorado a 20° API dirigido a exportación y de 36° API para el CRP, y 14 KBD de destilados pesados; adicionalmente, con capacidad de procesar 156 TM/día de azufre y 2.950 TM/día de coque petrolero (Petrozuata, 2000) –.

Referencias

- Aalto (2023). “*ELECTRIFICATION. ACCELERATING THE ENERGY TRANSITION*”. Edited by Pami Aalto. Faculty of Management and Business/Politics Unit, Tampere University, Tampere, Finland. Academic Press is an imprint of Elsevier. London, United Kingdom.
- Acemoglu, D., Robinson, J. (2008). “*The Role of Institutions in Growth and Development*”. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Washington, DC. USA.
<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28045/577100NWP0Box31UBLIC10gc1wp10101web.pdf?sequence=1>
- Acemoglu, D., Aghion, P., & Hemous, D. (2014). “*The environment and directed technical change in a North-South model*”. Oxford Review of Economic Policy, 30(3), 513–530. Oxford University Press. USA.
- Aghion (2016). Aghion, P. et al. “*Carbon Taxes, Path Dependency, and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry*”. Journal of Political Economy, Vol. 124. Harvard University.
<https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/27759048/SRN-id2186325.pdf>
- Amsden, A. (1989). “*Asia’s Next Giant: South Korea and Late Industrialization*”. New York and Oxford: Oxford University Press. USA.
- ASCE (2022). “*MEMORANDUM H. R. 4346 - The CHIPS and Science Act of 2022*”. American Society of Civil Engineers (ASCE). Washington Offices, DC. USA.
<https://www.asce.org/-/media/asce-images-and-files/advocacy/documents/2022-8-03-asce-final-memorandum-chips-and-science-act.pdf>
- BCG (2022). Follette, C. et al. “*Is Your Refinery Ready for the Low-Carbon Future?*”. ENERGY TRANSITION / ARTICLE. NOVEMBER 11, 2022. Boston Consulting Group; página electrónica; acceso: 05/Mayo/2023.
<https://www.bcg.com/publications/2022/readying-refineries-for-low-carbon-future>

- Binsted, Matthew *et al* (2019). “Stranded asset implications of the Paris Agreement in Latin America and the Caribbean”. Environmental Research Letters, Volume 15, Number 4. IOP Publishing.
- Byrum, Zachary *et al* (2021). “Technological Pathways for Decarbonizing Petroleum Refining”. WORKING PAPER September 2021. World Resources Institute. Washington DC. USA. <https://doi.org/10.46830/wriwp.21.00004>
- Carmody, Pádraig (2019). “Development Theory and Practice in a Changing World”. Routledge, the Taylor & Francis Group, New York, USA. ISBN: 978-1-138-55177-0
- CEPAL (2017). “El cambio climático y la economía política de las externalidades negativas y fiscales en América Latina”. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Oficinas de CEPAL. Santiago. Chile. 2017.
- CFR (2022). “Biden’s Economic Policy Threatens Rift with Europe”. Article by Edward Alden, 12/December/2022; Greenberg Center for Geoeconomic Studies. Council on Foreign Relations (CFR). New York, NY. USA; página electrónica; acceso: 15/diciembre/2022. https://www.cfr.org/article/bidens-america-first-economic-policy-threatens-rift-europe?utm_source=twtw&utm_medium=email&utm_campaign=TWITW%202022Dec16&utm_term=TWITW%20and%20All%20Staff%20as%20of%207-9-20
- Concawe (2019). Gudde, N., *et al*. “Refinery 2050: Conceptual Assessment. Exploring opportunities and challenges for the EU refining industry to transition towards a low-CO₂ intensive economy”. Concawe Special Task Force Refinery 2050 (STF-2). Report no. 9/19. Concawe, The scientific and technical body of the European Petroleum Refining Industry. Brussels, Belgium.
- COP1 (1995a). “Informe de la Conferencia de las Partes sobre su primer período de sesiones, celebrado en Berlín del 28 de marzo al 7 de abril de 1995. Primera parte: Deliberaciones”. COP1. 2 de junio de 1995. UN Offices. NY, USA. <https://unfccc.int/es/node/1167>
- COP1 (1995b). “Informe de la Conferencia de las Partes sobre su primer período de sesiones, celebrado en Berlín del 28 de marzo al 7 de abril de 1995. Segunda parte: Medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes en su primer período de sesiones.”. COP1. 24 de mayo de 1995. UN Offices. NY, USA. <https://unfccc.int/es/node/1168>
- COP21 (2015a). “Acuerdo de París”. COP21. 12 de diciembre de 2015. UN Offices. NY, USA. https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/spanish_paris_agreement.pdf
- COP21 (2015b). “Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30”. 2 January 2016. UN Offices. NY, USA. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>
- COP21 (2019). “Understanding the RULEBOOK of the Paris Agreement”. DICOM-SG/DAEI/BRO/19041-GB – October 2019. Ministère de la Transition écologique et solidaire. Paris, France. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/19041_RULEBOOK_Accord%20de%20Paris_GB_def_print.pdf
- COP26 (2021a). COMUNICADO ONU CAMBIO CLIMÁTICO de fecha 13 noviembre, 2021. UN Offices. NY, USA. <https://unfccc.int/es/news/la-cop26-alcanza-un-consenso-sobre-las-acciones-clave-para-hacer-frente-al-cambio-climatico>
- COP26 (2021b). “COP26: The Negotiations Explained”. UN Climate Change Conference UK 2021. UK Government. London, United Kingdom. <https://ukcop26.org/wp-content/uploads/2021/11/COP26-Negotiations-Explained.pdf>
- COP26 (2021c). “Launch by United States, the European Union, and Partners of the Global Methane Pledge to Keep 1.5C Within Reach”. European Commission Headquarters. Bruselas, Bélgica. Nov 2021. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_21_5766
- COP26 (2021d). “Global Methane Pledge”. Climate & Clean Air Coalition Secretariat (CCAC). <https://www.globalmethanepledge.org/>
- David, Paul (2007). “Path Dependence: A Foundational Concept for Historical Social Science”. https://www.researchgate.net/publication/4902534_Path_Dependence_A_Foundational_Concept_for_Historical_Social_Science
- DigitalRefining (2020). Murphy, J. y Payn, C. “A review of developments and trends in the expanding business of oil-to-chemicals”. The Catalyst Group. <http://www.digitalrefining.com/article/1002467>
- eFuel Alliance (2023). “What are eFuels?”. eFuel Alliance e.V.; página electrónica; acceso: 05/Julio/2023. Berlin, Germany. <https://www.efuel-alliance.eu/efuels/what-are-efuels>
- Ekbladh, David (2002). “Mr. TVA”: Grass-Roots Development, David Lilienthal, and the Rise and Fall of the Tennessee Valley Authority as a Symbol of U.S. Overseas Development, 1933-1937”, Diplomatic History, 26, 3 (Summer 2002). Oxford University Press. USA. <https://www.jstor.org/stable/24914467>
- Ekbladh, David (2004). “How to Build a Nation”. The Wilson Quarterly (1976-), Vol. 28, No. 1 (Winter, 2004). USA. <https://www.jstor.org/stable/40261213>
- Ekbladh, David (2011). “The Great American Mission: Modernization & the Construction of an American World Order”. Princeton; Princeton University Press. USA.EOP (2021). “The Long-Term Strategy of the United States: Pathways to Net-Zero Greenhouse Gas Emissions by 2050. November 2021.” Published by the United States Department of State and the United States Executive Office of the President, Washington DC. 2021. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/10/US-Long-Term-Strategy.pdf>
- EPA (2020). “Analysis of 2019 Data on Greenhouse Gases from Oil, Gas, and Petrochemical Production”. United States Environmental Protection Agency (EPA). EPA offices. Washington, DC, 2020.

- <https://environmentalintegrity.org/wp-content/uploads/2020/12/Oil-and-Gas-Industry-Greenhouse-Gas-report-12.17.2020.pdf>
- EPA (2021). "Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2019". United States Environmental Protection Agency (EPA). EPA offices. Washington, DC, 2021. <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks>.
- EPA (2022). "Greenhouse Gas Reporting Program (GHGRP)". United States Environmental Protection Agency (EPA). EPA offices. Washington, DC, 2022. <https://www.epa.gov/ghgreporting>
- EU (2018). "European strategy for plastics in a circular economy". January 16th, 2018. European Commission. Brussels. Belgium. <https://www.europarc.org/wp-content/uploads/2018/01/Eu-plastics-strategy-brochure.pdf>
- EU (2022). "Factsheet: EU taxonomy accelerating sustainable investments. Complementary Climate Delegated Act on certain nuclear and gas activities". 2 February 2022. European Commission. Bruselas, Bélgica. 2022. https://ec.europa.eu/info/publications/220202-sustainable-finance-taxonomy-complementary-climate-delegated-act_en
- FT (2022). "Larry Fink's 2022 letter to stakeholders ... says Ukraine war marks end of globalization Boss of \$10tn asset manager warns about inflation as companies reconfigure supply chains". Brooke Masters in New York. Financial Times. USA; página electrónica; acceso: 24/Marzo/2022. <https://www.ft.com/content/0c9e3b72-8d8d-4129-afb5-655571a01025>
- FuelsEurope (2019). "Vision 2050. A pathway for evolution of the refining industry and liquid fuels". FuelsEurope - European Fuel Manufacturers Association. Brussels. Belgium. <https://www.fuelseurope.eu/uploads/medias/632c34f17baa2.pdf>
- FutureBridge (2019). FutureBridge Analysis. "Crude Oil-to-Chemicals: Future of Refinery". Blog FutureBridge; página electrónica; acceso: 15/Julio/2023. [https://www.futurebridge.com/blog/crude-oil-to-chemicals-future-of-refinery/#:~:text=Crude%20oil%2Dto%2Dchemicals%20\(%20non%2Dintegrated%20refinery%20complex](https://www.futurebridge.com/blog/crude-oil-to-chemicals-future-of-refinery/#:~:text=Crude%20oil%2Dto%2Dchemicals%20(%20non%2Dintegrated%20refinery%20complex).
- FutureBridge (2023). FutureBridge Analysis. "CO₂ to Chemicals. Converting CO₂ emissions into intermediate and platform chemicals". Infographic FutureBridge; página electrónica; acceso: 15/Julio/2023. <https://www.futurebridge.com/whitepaper/converting-co2-emissions-into-chemicals/>
- GHGPC (2004). "The Green House Gas (GHG) Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard". World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, March 2004. Washington, DC, USA. 2004. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>
- Gordon, D. et al (2015). "Know Your Oil, Creating a Global Oil-Climate Index". Washington, DC: Carnegie Endowment for International Peace. Washington, DC, USA. 2015. <https://carnegieendowment.org/2015/03/11/know-your-oil-creating-global-oil-climate-index-pub-59285>
- GPA (2023). "Introducción a los crudos pesados y extrapesados: clasificación, explotación, transporte y refinación". NOTA TECNICA N° 63; Hoja 1 de 10. Estudios y Servicios Petroleros S.R.L. Remedios, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina. http://www.oilproduction.net/cms3/files/GPA_Nota_Tecnica_63.pdf
- grandviewresearch (2020). "Plastics Market Size, Share & Trends Report, 2020-2027. Plastics In Personal Protective Equipment Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Polyester, PE), By Application (Hand, Respiratory Protection), By Region, And Segment Forecasts, 2020 – 2027". ©grandviewresearch.com. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/plastics-personal-protective-equipment-market>
- Greener, Ian (2005). "The Potential of Path Dependence in Political Studies". Politics 2005: Vol 25. Political Studies Association. Blackwell Publishing Ltd. Oxford. UK. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-9256.2005.00230.x>
- Hadjilambrinos, C. (2021). "Reexamining the Automobile's Past: What Were the Critical Factors That Determined the Emergence of the Internal Combustion Engine as the Dominant Automotive Technology?". Bulletin of Science, Technology & Society, Vol 41, Issue 2-3, 2021, First Published August 25, 2021 Research Article. <https://doi.org/10.1177/02704676211036334>
- Haltermann Carless (2022). Schaak, J. "Synthetic fuels: 6 questions on Power-to-Liquids technology". Haltermann Carless UK Ltd.; página electrónica; acceso: 05/Julio/2023. Essex, UK. <https://www.haltermann-carless.com/blog/synthetic-fuels-6-questions-on-power-to-liquids-technology>
- Hendriks, Tim (2016). "Developing the Third World: Orientalist and Cold War Rhetoric in Truman's Point IV Program". Master Thesis. RADBOUD UNIVERSITY NIJMEGEN. The Netherlands.
- Iberdrola (2025). "Isla de calor. Las islas de calor urbanas y sus efectos adversos para sus habitantes". Newsletter Power Up. Iberdrola, S.A. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/isla-de-calor>
- ICCT (2010). "Carbon Intensity of Crude Oil in Europe Crude". By Energy-Redefined LLC For The International Council on Clean Transportation (ICCT). December 2010.
- ICCT (2014). Malins, C. et al. "The Development of a Greenhouse Gas Emissions Calculation Methodology for Article 7a of the Fuel Quality Directive". Report to the Directorate General for Climate Action of the European Commission. Washington D.C.: The International Council on Clean Transportation (ICCT).
- ICMA (2020). "Climate Transition Finance Handbook. Guidance for Issuers; December 2020". International Capital Market Association (ICMA). Zurich, Switzerland.
- IMO (2021). "Enmienda complementaria del Convenio MARPOL prohíbe transportar fueloil no reglamentario para su consumo a bordo;

- en vigor el 1 de marzo de 2020". International Maritime Organization. IMO Offices, Geneva, Switzerland; página electrónica; acceso: 20/Febrero/2023.
<https://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/paginas/19-implementation-of-sulphur-2020-limit.aspx>
- IPCC (2021). "AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Sixth Assessment Report". Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Geneva, Switzerland. 2021.
- IPCC (2022a). "AR6 Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability". The IPCC Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report addresses the challenges of climate action in the context of sustainable development with a particular focus on climate change impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Geneva, Switzerland. 2022.
- IPCC (2022b). "AR6 Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change". The IPCC Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report assess the mitigation of climate change, examine the sources of global emissions and explain developments in emission reduction and mitigation efforts. Cambridge University Press. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Geneva, Switzerland. 2022.
- IPCC (2023). "AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023". This Synthesis Report (SYR) of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6) summarises the state of knowledge of climate change, its widespread impacts and risks, and climate change mitigation and adaptation. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Geneva, Switzerland. 2023.
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- IRENA (2022). "NDCs and renewable energy targets in 2021: Are we on the right path to a climate-safe future?". International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, UAE.
- Johnson, Paul (1983). "Modern Times: A History of the World from the 1920s to the 1980s". Weidenfeld & Nicolson, LTD Publishers. United Kingdom.
- Kennedy, P. (2013). "Engineers of Victory: The Problem Solvers Who Turned the Tide in the Second World War". Random House, Inc. New York. USA.
<https://www.tva.com/about-tva/our-history/bibliography-of-tva-history>
- KLM (2018). Duvis, R. "Jet engine propulsion; the comparison of power between a car and an aircraft?". KLM SkyTeam Blog posted December 6, 2018. <https://blog.klm.com/jet-engine-propulsion-the-comparison-of-power-between-a-car-and-an-aircraft/>
- Latham, Robert (1997). "The Liberal Moment: Modernity, Security, and the Making of the Postwar International Order". Columbia University Press, New York, NY. USA.
- LSE (2020). "What is 'decarbonisation' of the power sector? Why do we need to decarbonise the power sector in the UK?". Grantham Research Institute on climate change and the environment. London School of Economics and Political Science (LSE). London, UK; página electrónica; acceso: 20/Febrero/2023.
<https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/what-is-decarbonisation-of-the-power-sector-why-do-we-need-to-decarbonise-the-power-sector-in-the-uk/>
- Lilienthal, David E. (1944). "TVA: Democracy on the March". Harper and Brothers Publishers. USA.
<https://ia801203.us.archive.org/23/items/LilienthalDavidTVADemocracyOnTheMarch/Lilienthal%2C%20David%20-%20TVA%20Democracy%20on%20the%20March.pdf>
- Marine Insight (2022). "5 Biggest Tanker Ships in the World". By Anish. February 7, 2022. Marine World. Marine Insight.
<https://www.marineinsight.com/marine/5-biggest-tanker-ships-in-the-world/>
- Martínez-Barruchi, J.L.G. (2019). "PRESENTACIÓN: Programas de Gobierno para el Sector de Infraestructuras de Servicios Públicos Nacional [S.I.S.P.N.] (1) Programa de Reconstrucción de Instalaciones y Equipamiento estructurado para cada una de las Empresas de Servicio Público [E.S.P.] y (2) Plan de Adaptación de la Estructura Empresarial, Organizativa y Gerencial de las E.S.P.". Presentación realizada el 15/Febrero/2019. Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, ANIH. Caracas, Venezuela.
[http://www.acading.org.ve/info/comunicacion/publicos/material_CR_tecnicas/infraestructura/\(2019-02-15\)_GARCIA_Resumen_corto_programa_gobierno_reconstruccion_infraestructura.pdf](http://www.acading.org.ve/info/comunicacion/publicos/material_CR_tecnicas/infraestructura/(2019-02-15)_GARCIA_Resumen_corto_programa_gobierno_reconstruccion_infraestructura.pdf)
- Martínez-Barruchi, J.L.G. (2020a). "Proyectos Hidroeléctricos Tocomá y Uribante Caparo. Análisis Comparativo de Costos con Plantas de Generación Termoelectrica". BOLETÍN 48; septiembre 2020 (páginas 248 – 288). Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, ANIH. Caracas, Venezuela. 2020.
- Martínez-Barruchi, J.L.G. (2020b). "Propuesta de reconstrucción y rehabilitación de plantas generación termoelectrica turbogas de CORPOELEC". BOLETÍN 49; diciembre 2020 (páginas 367 – 418). Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, ANIH. Caracas, Venezuela.
- Martínez-Barruchi, J.L.G. (2021a). "El Club de Roma y la conferencia de Estocolmo, hitos fundamentales en torno al concepto de desarrollo sustentable ¿Oportunidades para una economía extractiva en Venezuela?". BOLETÍN 51; junio 2021 (páginas 30 – 63). Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH). Caracas, Venezuela.
- Martínez-Barruchi, J.L.G. (2021b). "Generación de energía eléctrica en plantas hidroeléctricas operando en "régimen de pico". Aprovechamiento Hidroeléctrico: Río Capaz (Región Occidental)". BOLETÍN 52; septiembre 2021 (páginas 8 – 30). Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH). Caracas, Venezuela.
- Martínez-Barruchi, J.L.G. (2021c). "Venezuela, país de economía energética ... ¿Los recursos energéticos disponibles facilitarán la transición energética? VISIÓN – ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura y ODS 7: Energía Asequible y NO Contaminante". UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (UCV). CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO (CENDES). Octubre – Diciembre 2021. Doctorado en Estudios del Desarrollo / 2º semestre 2021. SEMINARIO: El ecosistema de los hidrocarburos y la transición energética, 2021. 20/Enero/2022.

- <https://independent.academia.edu/Jos%C3%A9LuisGarc%C3%ADaMart%C3%ADnezBarruchi/Drafts>
- Martínez-Barruchi, J.L.G. (2021d). “*Expansión de la biodiversidad en el ámbito de ciudades modernas, ¿opción de reducción de impactos de cambio climático? ... ODS 11; Ciudades y Comunidades Sostenibles*”. Octubre – Diciembre 2021. UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (UCV). CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO (CENDES). Doctorado en Estudios del Desarrollo / 2º semestre 2021. SEMINARIO: Cambio Climático, Ciudades Resilientes y modo de vida sostenible, 2021. 05/Enero/2022.
<https://independent.academia.edu/Jos%C3%A9LuisGarc%C3%ADaMart%C3%ADnezBarruchi/Drafts>
- Martínez-Barruchi, J.L.G. (2022a). “*Aplicación de Índices de Desarrollo Humano ¿Un Enfoque de Gestión del Capital Natural para Venezuela?*”. BOLETÍN 55. abril-junio 2022 (páginas 38 – 65). Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH). Caracas, Venezuela.
- Martínez-Barruchi, J.L.G. (2022b). “*Venezuela, ¿país de economía energética? ... Descarbonización del Sector Eléctrico Nacional (SEN) en el escenario 2050 de la transición energética*”. Marzo – Agosto 2022. UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (UCV). CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO (CENDES). Doctorado en Estudios del Desarrollo / 1º semestre 2022. Seminario Libre del Doctorado: N° 01: Transición Energética; 15/Mayo/2022.
<https://independent.academia.edu/Jos%C3%A9LuisGarc%C3%ADaMart%C3%ADnezBarruchi/Drafts>
- Martínez-Barruchi, J.L.G. (2022c). “*Los conceptos de la economía climática ... ¿son factores para implementar la teoría del desarrollo humano sostenible, o complemento de las teorías clásicas de modernización y globalización?*”. Septiembre – Diciembre 2022. UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (UCV). CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO (CENDES). Doctorado en Estudios del Desarrollo / 2º semestre 2022. SEMINARIO: Enfoques Contemporáneos y Agendas Actuales sobre el Desarrollo, 2022.
<https://independent.academia.edu/Jos%C3%A9LuisGarc%C3%ADaMart%C3%ADnezBarruchi/Drafts>
- Martínez-Barruchi, J.L.G. (2022d). “*Desafíos de los ODS y la Agenda 2030 en la transición energética. La economía circular ... ¿solución para una Venezuela sustentable?*”. Marzo – Agosto 2022. UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (UCV). CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO (CENDES). Doctorado en Estudios del Desarrollo / 1º semestre 2022. Seminario Libre del Doctorado: N° 02: Transición Energética; 15/Agosto/2022.
<https://independent.academia.edu/Jos%C3%A9LuisGarc%C3%ADaMart%C3%ADnezBarruchi/Drafts>
- McElwee, P. et al (2020). “*Ensuring a Post-COVID Economic Agenda Tackles Global Biodiversity Loss, One Earth*”. Department of Human Ecology, Rutgers University, NJ, USA. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.09.011>
- McKinsey (2022). Fitzgibbon, T. et al. “*From crude oil to chemicals: How refineries can adapt to shifting demand*”. Chemicals Practice. McKinsey & Company. 2022
- Mitchell, Timothy (2011). “*Carbon Democracy Political Power in the Age of Oil*”. Verso; imprint of New Left Books. Brooklyn, NY. USA.
- Meyers, R. (2004). “*Handbook of Petroleum Refining Processes*”. 3rd Edition. McGraw-Hill Companies, Inc.
- Morton, T. (2013). “*Hyperobjects: Philosophy and Ecology after the End of the World*”. University of Minnesota Press. USA. 2013.
- NRC (2014). “*Learn the facts: Fuel consumption and CO₂*”. Natural Resources Canada. Government of Canada.
https://natural-resources.canada.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/oeo/pdf/transportation/fuel-efficient-technologies/autosmart-factsheet-6_e.pdf
- NRC (2023). “*Greenhouse Gases Equivalencies Calculator - Calculations and References*”. Natural Resources Canada. Government of Canada.
<https://oeo.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/calculator/refs.cfm>
- Newell, P., Paterson, M. (2010). “*Climate Capitalism. Global Warming and the Transformation of the Global Economy*”. Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- NDC (2021). “*Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Synthesis report by the secretariat*”. 17 September 2021. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). UN Offices. Nairobi, Kenya.
https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021_08E.pdf
- ODS (2015). Resolución 70/1 de la Asamblea General, de 25 de septiembre de 2015, relativa a “*Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*”. UN Offices. NY, USA.
- OECD (2022a). OECD et al. “*Latin American Economic Outlook 2022: Towards a Green and Just Transition*”. This work is published under the responsibility of Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Corporación Andina de Fomento (CAF) and European Commission. OECD Publishing. Paris, France.
- OECD (2022b). D’Arcangelo, F et al. “*A framework to decarbonise the economy*”. OECD Economic Policy Papers; February 2022 No. 31. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Paris, France.
- OLADE (2023). Méndez, Ramón. “*Estrategia para una América Latina y el Caribe más renovable*”. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Quito, Ecuador.
- ONU (1945). “*History of United Nations; 1945, San Francisco Conference*”. <https://www.un.org/en/about-us/history-of-the-un/san-francisco-conference>
- Plastic Europe (2019). “*Plastics – the Facts 2019. An analysis of European plastics production, demand and waste data*”. Plastics Europe. Bruselas, Bélgica.
<https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2019/>
- Plastic Europe (2021). “*Plastics – the Facts 2021. An analysis of European plastics production, demand and waste data*”. Plastics Europe. Bruselas, Bélgica.
<https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>

- PMR (2021). “Manual sobre el diseño y la implementación de sistemas de comercio de emisiones”. Partnership for Market Readiness (PMR). Coordination by The World Bank Group and The International Carbon Action Partnership (ICAP). © 2021 International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank Washington, DC: World Bank. WA, USA.
- PNUMA (2021). “Global Methane Assessment”. UN Offices. Nairobi, Kenya. 2021.
<https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-full-report>
- Reeding, Stephen (2002). “Path Dependence, Endogenous Innovation, and Growth”. International Economic Review; Vol.43, No. 4, November 2002.
<https://www.princeton.edu/~reddings/pubpapers/PathDepIER2002.pdf>
- Schlesinger, Stephen E. (2004). “Act of Creation: the Founding of the United Nations: A Story of Superpowers, Secret Agents, Wartime Allies and Enemies, and Their Quest for a Peaceful World”. Cambridge, MA: Westview, Perseus Books Group. 2004.
- Seto, K. et al (2016). “Carbon Lock-In: Types, Causes, and Policy Implications”. Annual Review of Environment and Resources 2016 41:1, 425-452
<https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev-environ-110615-085934>
- SINTEF (2018). Anantharamana, R. et al. “Understanding the cost of retrofitting CO2 capture to an integrated oil refinery”. 14th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT-14 21st -25th October 2018, Melbourne, Australia. SINTEF Energy Research, Sem Sælands vei 11, Trondheim, Norway.
https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmli/bitstream/handle/11250/2612021/Anantharaman2019utc_SSRN-d3366326.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Smil, V. (2010). “2010 Prime Movers of Globalization. The History and Impact of Diesel Engines and Gas Turbines”. Oxford University Press. Oxford, United Kingdom. 2010
- Smil, V. (2021). “2021 Grand Transitions How the Modern World Was Made”. Oxford University Press. Oxford, United Kingdom. 2021.
- Stein (2012). Stein, D. and Valters, C. “UNDERSTANDING THEORY OF CHANGE IN INTERNATIONAL DEVELOPMENT”. The Justice and Security Research Programme at the London School of Economics and Political Science (LSE). London, United Kingdom. 2012.
- Razavi, Hossein (2007). “Financing Energy Projects in Developing Countries”. Penwell Corporation. 2007.
- TVA (2022a). “Tennessee Valley Authority. TVA Heritage Series”. USA; página electrónica; acceso: 20/Noviembre/2022.
<https://www.tva.com/about-tva/our-history/tva-heritage/the-cooperative-model>
- TVA (2022b). “Tennessee Valley Authority Act of 1933”. USA; página electrónica; acceso: 20/Noviembre/2022.
<https://www.tva.com/about-tva/our-history/the-tva-act>
- TVA (2023). “TVA Reports First Quarter Fiscal Year 2023 Financial Results”. USA; página electrónica; acceso: 06/Marzo/2023.
https://s25.q4cdn.com/191816265/files/doc_downloads/2022/FY22-Q4-Press-Release-Draft-6-111522.pdf
- UKPIA (2017). “Oil Refining Joint Industry - Government Industrial Decarbonisation and Energy Efficiency Roadmap Action Plan October 2017”. UK Petroleum Industry Association. (UKPIA). London. UK.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/652109/oil-refining-decarbonisation-action-plan.pdf
- UNFCCC (2021a). “Advance unedited version. Decision -/CP.26. Glasgow Climate Pact”. UNFCCC’s Secretariat Offices. Bonn, Germany.
https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cop26_aup_2f_cover_decision.pdf
- UNFCCC (2021b). “UK Government COP26 Negotiations Explained”. 2021. UK Government Offices. Glasgow, United Kingdom.
<https://ukcop26.org/wp-content/uploads/2021/11/COP26-Negotiations-Explained.pdf>
- Unruh (2000). Unruh, G. “Understanding carbon lock-in-annotated”. Instituto de Empresa, Maria de Molina, Madrid, España. Publicado en Energy Policy 28 (2000) 817-830. Elsevier Science Ltd. 2000.
- Unruh (2004). Unruh, GC and Carrillo-Hermosilla, J. “Globalizing carbon lock-in”. Energy Policy. Elsevier Science Ltd. 2004.
- Unruh (2019). Unruh, G. “The Real Stranded Assets of Carbon Lock-In”. One Earth, VOLUME 1, ISSUE 4, P399-401, DECEMBER 20, 2019. Elsevier Science Ltd. 2019.
[https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322\(19\)30222-2.pdf](https://www.cell.com/one-earth/pdf/S2590-3322(19)30222-2.pdf)
- USAID (2017). “How-To Note: Developing a Project Logic Model (and its Associated Theory of Change)”. Bureau for Policy, Planning and Learning. United States Agency for International Development (USAID). Washington, D.C., USA. 2017.
- US Congress-Senate (2022a). “CHIPS and Science Act of 2022. Section-by-Section Summary”. The Senate of the United States, July 27, 2022. Washington, DC, USA.
https://www.bennet.senate.gov/public/_cache/files/4/0/40919cb4-ff63-4434-8ae2-897a4a026b30/7BCDD84F555A6B85BEC800514F1D3AFD.chips-and-science-act-of-2022-section-by-section.pdf
- US Congress-Senate (2022b). “CHIPS and Science Act of 2022. Division A - CHIPS and ORAN Investment. Division B – Research and Innovation (NSF, DOC, NIST, NASA, and DOE)”. The Senate of the United States, July 27, 2022. Washington, DC, USA.
https://science.house.gov/imo/media/doc/the_chips_and_science_act.pdf
- US Congress-House (2022). “CHIPS and Science Act of 2022. Division A Summary - CHIPS and ORAN Investment. Division B Summary – Research and Innovation (NSF, DOC, NIST, NASA, and DOE)”. The Senate of the United States, July 27, 2022. Washington, DC, USA.
https://science.house.gov/imo/media/doc/chips_and_science_act_leadership_fact_sheet.pdf
- WB (2023). “Carbon Pricing Dashboard. What is Carbon Pricing?”. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank Washington, DC: World Bank. WA, USA; página electrónica; acceso: 20/Marzo/2023.

<https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/what-carbon-pricing>

WEF (2022a). *“Accelerating the Decarbonization of Buildings: The Net-Zero Carbon Cities Building Value Framework”*. January 2022. BRIEFING PAPER. World Economic Forum. WEF Offices. Geneva. Switzerland. 2022.

WEF (2022b). *“BiodiverCities by 2030: Transforming Cities’ Relationship with Nature”*. January 2022. INSIGHT REPORT. World Economic Forum. WEF Offices. Geneva. Switzerland. 2022.