

# PROSPECTIVA DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO EN VENEZUELA Y SU ROL EN LA CONSTRUCCIÓN DE FUTURO SOSTENIBLE

PROSPECTIVE OF THE ALUMINUM INDUSTRY IN VENEZUELA AND ITS ROLE IN BUILDING SUSTAINABLE FUTURE

LEONARDO ELADIO VERGARA GUILLÉN<sup>1</sup>

RECIBIDO: 05-02-11  
ACEPTADO: 05-08-11

<sup>1</sup> Universidad de los Andes. Escuela de Diseño Industrial. Mérida, Venezuela. E-mail: lvergara@ula.ve

## RESUMEN

Este trabajo expone un contexto de futuro que sintetiza el potencial de la industria del aluminio en Venezuela con base en un diagnóstico del territorio y sus componentes claves. Este diagnóstico permite conocer, percibir, analizar e interrelacionar información de tipo político – institucional, socioeconómica – cultural y físico - natural de atributos y elementos como: los principales depósitos de bauxita; las principales centrales hidroeléctricas; usos del territorio y actividades económicas, vialidad y transporte; recursos y potencial del aluminio; planes y leyes nacionales coherentes con el desarrollo ésta industria; y sus problemas y restricciones de desarrollo. Posteriormente se proyectan las oportunidades de usar este material el cual es muy abundante en el país, con propiedades únicas para la fabricación de muchos productos en diferentes sectores de diversas industrias, sustituyendo importaciones de productos terminados, aprovechando diversos planes y leyes vigentes de ordenación de territorio. Se observan tendencias favorables al crecimiento de la industria aluminio reflejadas en su creciente demanda mundial, y en Venezuela se tienen planes para la estimulación y fortalecimiento de la microempresa, de las cooperativas, o empresas de producción social (EPS) que fabriquen productos terminados, además de políticas, convenios y alianzas comerciales, de transferencia tecnológica y en diversidad de áreas de interés geoestratégico con otros países. Finalmente, entre los inconvenientes actuales están: **a.** Los impactos ambientales en la etapa de producción de aluminio primario, sin embargo, en todo el mundo se están investigando y aplicando nuevas tecnologías para reducir su impacto ambiental; **b.** Menos del 40% del aluminio primario producido es procesado por la industria nacional pública o privada para la elaboración de productos semielaborados y el resto se exporta; **c.** Existen muy pocas empresas dedicadas a la fabricación de productos elaborados, y muy poca inversión en el conjunto de tecnologías que articuladas permitirían fabricar elementos, partes o componentes con gran diversidad de formas, acabados y propiedades.

**Palabras clave:** aluminio, prospectiva, ambiente, material, impacto ambiental.

## SUMMARY

Present work expounds and synthesizes the future potential of aluminum industry in Venezuela, based on a diagnosis in terms of national territory and its key components. The diagnosis allowed us to recognize, perceive, analyze and interrelate information of different types such as political, institutional, socio-economic, cultural, physico-natural. Attributes and elements of such information were as follows: locations of major bauxite deposits and hydroelectric sites, land use and economic activities, highways and transportation systems, potential sources of aluminum, national plans and laws coherent with the industry's development and also problems and restrictions on the development. We then cast light on opportunities in using this abundant material in our country. Aluminum has a unique property for manufacturing many products in different sectors of diverse industries. By taking good advantages of concurrent and diverse plans and laws in land use, national manufacturing would substitute importation of finished products. We noted favorable tendencies of growth in our aluminum industry, reflecting its increasing demand worldwide. In Venezuela, there are plans of stimulating and strengthening our micro-businesses, cooperatives and what we call companies of social production (EPS) that elaborate finished products. Moreover, there are political and commercial alliances and agreements as well as technology transfer in assorted areas with other countries of geostrategic interests. Lastly, we listed here various actual problems: 1. Environmental impacts at crude aluminum production stage. This is, on the other hand, being researched and applied with new technologies for reducing environmental negative impacts throughout the world. 2. Less than 40% of crude aluminum produced in our country is processed by national industries, public or otherwise, in elaborating semi-elaborated products. The rest is exported. 3. There are few companies dedicated to manufacturing elaborated products. So are the investments in manufacturing technology that would allow items, parts or components with large varieties of forms, finishes and properties.

**Key works:** aluminum, prospective, environment, material, environmental impact.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Venezuela la principal actividad económica es la explotación y refinación de petróleo para la exportación y consumo interno. Esta industria ha sido el bastión de la economía por más de 100 años (RENA, 2011). Sin embargo, una economía que dependa fundamentalmente de un recurso natural limitado no renovable, no es sustentable aunque tenga la ventaja actual de ser altamente consumido y apreciado (USGS, 2010).

Por otra parte, se tiene la fortuna de poseer grandes yacimientos de diversos minerales entre ellos la bauxita materia prima del aluminio. Según estudios actuales, la industria del aluminio es una actividad económica que genera excelentes ganancias y beneficios en muchas latitudes a nivel mundial, siendo inclusive bastión de la economía de países con los mayores niveles de vida del mundo (IAI, 2010; CVG Venalum, 2008a). Aunque se estima que la actividad económica del aluminio es la opción más rentable y la que ofrece las mayores oportunidades para acompañar al petróleo en la generación de divisas y bienestar para los habitantes de Venezuela, el potencial del aluminio no se ha explotado efectivamente. Esto es debido a que al igual que el petróleo, la actividad económica del aluminio se basa en la exportación de materia prima o con muy poco grado de elaboración (APORREA, 2010). No obstante, un verdadero desarrollo nacional y regional tendrá que basarse primordialmente en la transformación de los recursos naturales, en el aprovechamiento medido y eficiente de la infraestructura y capital acumulado, en la incorporación del esfuerzo de toda su población y en la adopción de estilos de vida y consumo, técnicas y formas de organización más apropiadas para lograr objetivos de desarrollo humano, armónico y sostenible.

En ese sentido, el presente trabajo tiene como objetivo principal el sintetizar una conceptualización de semáforo y sus distintos

contextos que señalan las situaciones favorables (amarillo), ideales (verde) y adversas (rojo) que pudieran sucederse en el futuro respecto a las potencialidades de verdadera contribución al desarrollo sostenible de la industria del aluminio en Venezuela con base en un diagnóstico del territorio y sus componentes claves. Es una primera aproximación que permite conocer, percibir, analizar e interrelacionar información de tipo político-institucional, socioeconómica-cultural y físico-natural de atributos y elementos como: los principales depósitos de bauxita; las principales centrales hidroeléctricas; usos del territorio y actividades económicas, vialidad y transporte; recursos y potencial del aluminio; planes y leyes nacionales coherentes con el desarrollo ésta industria; y sus problemas y restricciones de desarrollo. Además, se proyectan las oportunidades de usar este material el cual es muy abundante en el país, con propiedades únicas para la fabricación de muchos productos en diferentes sectores de diversas industrias, sustituyendo importaciones de productos terminados, aprovechando diversos planes y leyes vigentes de ordenación de territorio, todo con un último fin, el de procurar establecer la cultura del uso del aluminio en productos industriales en Venezuela.

## 2. DIAGNÓSTICO DEL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO EN VENEZUELA Y SUS ÁMBITOS DE INTERRELACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE MEJOR FUTURO

El presente diagnóstico de manera sinóptica, permite aproximar la contextualización y más importantes factores como las potencialidades de existencia de materia prima, oferta de energía eléctrica, infraestructuras naturales y construidas para movilización de productos, zonas industriales con todos sus bienes y servicios, tecnología de transformación, que entre otros, deberían ser considerados en el análisis que trate de fundamentar las posibilida-

Localización	Ubicación	Aspectos geológicos
<b>Upata</b>	5 Km al noroeste de Upata, Distrito Piar. Estado Bolívar	Rocas gabroides del Grupo Imataca en contacto con cuarcitas ferruginosas muy alteradas
<b>Nuria</b>	Norte de la población de Tumeremo, Distrito Roscio del Estado Bolívar	Complejo de Supamo. Los depósitos de mena aluminica de la Altiplanicie de Nuria han sido originados mediante procesos de laterización de diabasas. Los minerales esenciales en las menas son: Gibsita, Goethita, Limonita, Hematita, Cuarzo, Caolinita e Ilmenita.
<b>Los Guaicas</b>	Localizados a 230 Km, al sur de Ciudad Bolívar y a 15 Km al oeste de Canaima	Se asocian también con cuerpos de diabasas de la Formación Roraima. Dos tipos de mena: una laterita arcillosa en la parte inferior y una suprayacente de bauxita ferruginosa
<b>Sur de la Gran Sabana</b>	Santa Elena de Uairén, y al noroeste de San Rafael de Kamoirán	Santa Elena de Uairén la laterita aluminica y la bauxita, con las diabasas de la Formación Roraima. El depósito en el valle del río Kukenán se presenta en forma de colinas redondeadas disectadas por valles poco profundos.
<b>Los Pijiguaos</b>	130 Km al sur de Caicara y a 35 Km al este del Río Orinoco;	Granito de Parguaza, típica roca ácida caracterizada por su textura porfírica inequigranular en la cual hasta el 60 % debe consistir de grandes cristales subhedrales de microclino-peritita.

**CUADRO 1.** Principales depósitos de bauxita en Venezuela. Fuente: PDVSA (2011).

des ciertas que tiene y podría tener la industria del aluminio venezolana en esa construcción de futuro sostenible. En ese sentido se puede decir que Venezuela es un país con grandes yacimientos de materia prima al sur del eje fluvial del río Orinoco, además de una importante capacidad industrial instalada. Se estiman 200 millones de toneladas métricas de bauxita que se pueden transformar a alúmina, aluminio primario, y luego procesarlos en productos semi-elaborados y elaborados (IAI, 2010; CVG Venalum, 2008a). Los depósitos de bauxita se localizan en el Estado Bolívar, esencialmente en las áreas de Upata, Nuria, la Serranía de los Guaicas, región sur de la Gran Sabana y Los Pijiguaos.

Asimismo, la transformación del material bauxita en productos de valor agregado requiere de grandes cantidades de energía. De ahí, que el estado Bolívar concentra la mayor reserva hídrica del país, la cual da origen al gran potencial hidroeléctrico de este estado y del país en general, calculado en 75% de la riqueza bruta de Venezuela. Este potencial está representado por el río Caroní, manantial de energía abundante, renovable y no contaminante. Para aprovechar el caudal de sus aguas, existen diversas centrales hidroeléctricas sobre éste y que a partir de su inmenso caudal, generan energía eléctrica

para suplir las necesidades, como ya se expuso anteriormente, del Estado Bolívar, el resto del país y países vecinos. Estas centrales administradas por CVG y ELDELCA son: la Represa Raúl Leoni, Macagua I y Macagua II; la Represa Francisco de Miranda y Tocoma (Cuadro 2).

Además, la ubicación de los yacimientos de bauxita en el territorio del Estado Bolívar, hace que se deban tomar en cuenta su medio natural de flora y fauna, debido a los impactos ambientales negativos que se suceden propio del proceso de explotación a cielo abierto y transporte a la industria ubicada en Ciudad Guayana, con más de medio millón de habitantes y que está integrada por Puerto Ordaz y San Félix. Por ello, en su ámbito geográfico tiene una diversidad de flora como la vegetación halófila, que es la típica de los manglares; la vegetación herbácea de las sabanas; la vegetación xerófila, que es la del espinar o bosque xerófito; la vegetación higrófila de las selvas y la propia del bosque nublado; la vegetación de las laderas montañosas. En lo que se refiere a fauna es una de la más rica y variada del país.

El anterior compendio ecológico según Mittermeier y Goettsch (1997) citados por Lozada (2009), es lo que ha permitido que Venezuela tenga un 15% de su territorio bajo la

**CUADRO 2.**

Principales centrales hidroeléctricas en Estado Bolívar.

Fuente: MINAMB (2011).

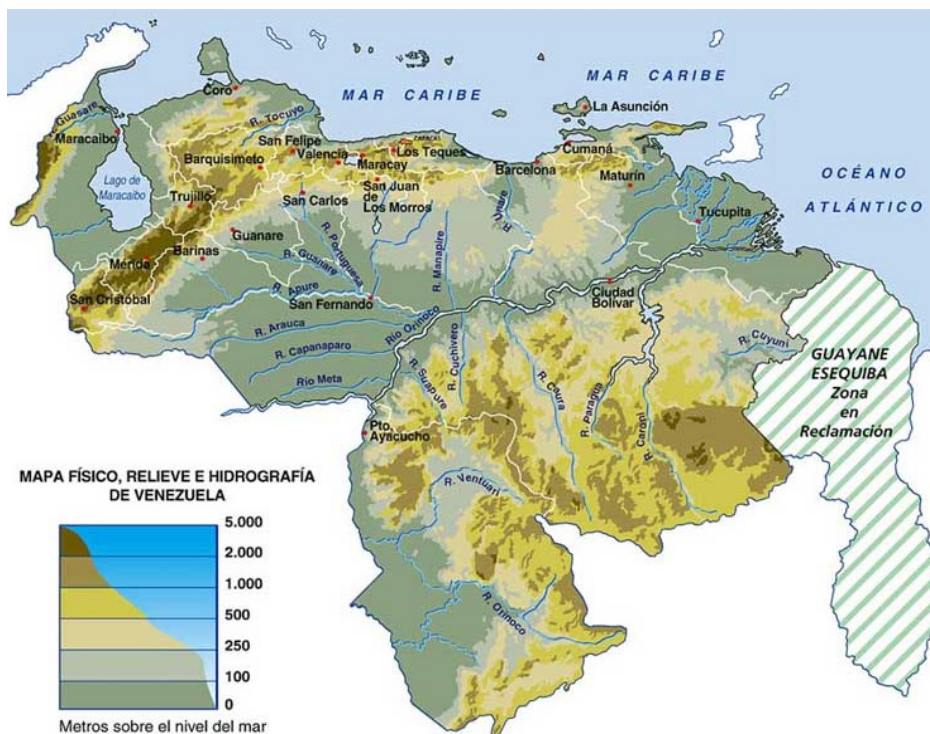
Central	Ubicación	Potencial [MW]
Antonio José de Sucre (Macagua I) (1961)	10 kilómetros de su desembocadura en el río Orinoco, en Ciudad Guayana, estado Bolívar	370
Guri: Simón Bolívar. (Raúl Leoni). (1986)	En el río Caroní, a 100 kilómetros de la desembocadura en el río Orinoco	10.325
Antonio José de Sucre (Macagua II) (1997)	Junto a la de Macagua I, en el bajo Caroní	2.580
Francisco Miranda (Caruachi) (2003)	En Caruachi, situado sobre el río Caroní, a 59 kilómetros aguas abajo del lago de la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar en Guri.	2.424
Tocoma (En construcción)	Sobre el río Caroní a unos 15 km aguas abajo de la Central Hidroeléctrica Guri, muy cerca de la desembocadura del río Claro en el río Caroní. Estado Bolívar	2.160

figura de protección estricta como los parques nacionales y un 21 % bajo manejo controlado, caso de las reserva forestales cuyo resguardo administrativo por parte del Estado ha permitido que como país ocupar un lugar entre los 17 países con más diversidad en el planeta. De igual forma Cloquell *et al.* (2010), reiteran que parte de estas reservas y parques nacionales ocupan alto porcentaje de territorio en el Estado Bolívar, caso del Parque Nacional Canaima y las reservas forestales de Imataca y el Caura que son

sustento ecológico del potencial hidrológico del estado y del país, y en especial, su fundamento como fortaleza al desarrollo industrial nacional.

**2.1 CARACTERÍSTICAS DE CIUDAD DE GUAYANA Y SU POTENCIAL INTERNACIONAL COMO CENTRO INDUSTRIAL SOSTENIBLE DEL ALUMINIO**

Ciudad Guayana, es la conurbación conformada por las ciudades de Puerto Ordaz y San Félix. Puerto Ordaz es la capital del Municipio Caroní, la cual surgió como una ciudad planificada



**FIGURA 1.** Relación de Ciudad Guayana con respecto a minas de bauxita y plantas hidroeléctricas. Fuente: CVG Venalum, 2009.

urbanísticamente y es la principal ciudad y puerto fluvial del Estado Bolívar. Actualmente es una de las ciudades más grandes y modernas de Venezuela. El cuadro 3 presenta sus principales características como el centro urbano industrial de mayor importancia en la concentración de las industrias básicas siderúrgicas del país.

San Félix es un centro urbano ubicado en la desembocadura del río Caroní, siendo un importante puerto fluvial de enlace con la región oriental venezolana y el resto del mundo que a su vez permite la exportación de productos de valor y alto valor agregado, caso de productos de aluminio o acero; mientras que Puerto Ordaz, es una ciudad industrial y turística de gran actividad, diseñada por urbanistas venezolanos y norteamericanos. Ambas se encuentran unidas por dos puentes sobre el río Caroní el cual fluye hasta desembocar en el río Orinoco. Ciudad Guayana, ubicada en la confluencia de ambos ríos ha sido concebida para aprovechar la belleza de los saltos y raudales del Caroní. Estos aspectos favorables son los que en su momento histórico de fundación Puerto Ordaz cuenta con la Zona Industrial Matanzas y el Complejo Industrial Sivensa, infraestructuras industriales de los complejos siderúrgicos de importancia internacional como lo expone el cuadro 3.

Otro aspecto importante que fundamenta las potencialidades de Puerto Ordaz, es que a su vez centraliza un grupo altamente cualificado de profesionales y técnicos multidisciplinares en el

área tecnológica siderúrgica; centros educativos universitarios de prestigio que aportan mano de obra cualificada a tan exigente desempeño industrial y profesional. En la actualidad, una de las principales afectaciones en la dinámica industrial es el déficit que presenta la exigente y cada vez más alta demanda de energía eléctrica de los complejos siderúrgicos; la actualización de los contratos colectivos de los trabajadores de las industrias básicas; la politización y aumento exacerbado de las nóminas de los trabajadores en las empresas, lo cual ha ido restringiendo las posibilidades de desarrollo y de alcanzar los estándares de producción de éstas; que entre otros y como lo exponen los medios de comunicación de prensa escrita y televisiva, han propiciado de forma continua denuncias y la generación de continuos disturbios, paros y afectaciones ciudadanas en la ciudad y ante las puertas de las industrias. Este panorama es incierto y debilita las grandes fortalezas que han existido y existen en el sector siderúrgico nacional.

La visión prospectiva del sector industrial del aluminio, no sólo se limita al Estado Bolívar, de ahí que el Estado venezolano debe plantearse un proyecto a mediano plazo para la mejora de la infraestructura vial vehicular y la construcción de ejes ferroviarios que interconecten a la Ciudad de Puerto Ordaz con los centros urbanos del eje Puerto La Cruz-Barcelona-Puerto Píritu, así como del eje de Maracay-Valencia-Puerto

<b>Población</b>	< 1 millón de habitantes.
<b>Industrias</b>	Siderúrgica del Orinoco (SIDOR), la Ferrominera del Orinoco y EDELCA, Centro gerencial y empresarial de la Corporación Venezolana de Guayana (CVG).
<b>Vías Transporte Terrestre vehicular y ferrocarrilero</b>	Troncal Norte Número 19 comunica estado Anzoátegui (Soledad) hasta Ciudad Bolívar y sigue a Ciudad Guayana. Autopista a través del Puente Orinoquia cruza al Orinoco y se incorpora a la Autopista Troncal N. 19 muy cerca de Ciudad Guayana. Troncal N. 10 vía Upata, Guasipati, El Callao, Tumeremo, El Dorado, La Escalera – Gran Sabana- km 88, hasta Santa Elena de Uairén. Vía ferrocarril de transporte de bauxita en el sector Los Pijiguaos.
<b>Vías Transporte Aéreo</b>	Aeropuertos internacionales de Ciudad Bolívar y Puerto Ordaz.
<b>Vías Transporte Acuático</b>	Río Orinoco, río Caura y río Caroní.

**CUADRO 3.**  
Características generales de Ciudad Guayana. Fuente: Venezuela Tuya (2010).

Cabello, para contribuir al establecimiento de ejes manufactureros de industrias de transformación y fabricación de productos industriales de aluminio.

## 2.2. RECURSO NATURAL Y POTENCIAL DEL ALUMINIO COMO MATERIAL DE CONSUMO INDUSTRIAL MASIVO EN VENEZUELA

El aluminio es el tercer elemento más común en la corteza terrestre, muy abundante en Venezuela y además es un material extraordinariamente versátil, por el rango de formas que puede tomar, la variedad de acabados disponibles y sus diversas características técnicas de producción industrial (capacidad de reciclaje y excelentes propiedades físicas, químicas y mecánicas), que lo llevan a aprovecharse en un amplio rango de infinidad de productos artesanales e industriales, muchos de los cuales la sociedad mundial emplea de manera continua, tanto industrial, recreativa o domésticamente, lo cual le permite a sus ciudadanos mejorar su calidad de vida (IAI, 2010; CVG Venalum, 2008b).

Ya desde el punto de vista de calidad visual el aluminio con la aplicación de un simple acabado superficial, como el anodizado, hace que adquiera una estética única de color, brillo y textura que siempre le da un carácter de modernidad y vanguardia, siendo este aspecto un ejemplo del potencial de este materia para satisfacer diversos requerimientos de belleza y funcionalidad en la fabricación de productos (Vergara *et al.*, 2011a).

Estas características en la capa anodizada como el espesor, la microdureza, porosidad y rugosidad se pueden seleccionar y combinar para obtener valores deseados, los cuales están asociados con propiedades particulares que permitirían prácticamente a partir de un material base conseguir materiales distintos de acuerdo a requerimientos del producto. El espesor puede mejorar otras características como son la resistencia a la corrosión, al desgaste y la facilidad de limpieza superficial del aluminio.

Igualmente, la dureza de la capa de óxido es una propiedad muy importante porque indica de forma cualitativa su resistencia mecánica, siendo esta una medida de la resistencia a la deformación permanente, de su resistencia al rayado y, además, es un índice de la resistencia al desgaste abrasivo (Smith, 2004; Kalpakjian, 2002).

Diferentes estudios muestran que generalmente un aumento de la dureza, también aumenta la resistencia al desgaste, abrasión y vida útil de un material (Mott, 2006; Liscano, 2006; Holmberg, 2007). La porosidad del anodizado permite colorear en mayor o menor grado el óxido por medio de tintes orgánicos o impregnación de pigmentos para usarse en una amplia variedad de aplicaciones de acabados nuevos e interesantes, los cuales son aceptados ampliamente entre el espectro de consumidores (Tsangaraki *et al.*, 2006).

Por otra parte, la porosidad tiene valor para la fijación de huesos humanos y en tratamientos de gases contaminantes de vehículos, como catalizador y colector de partículas, asimismo, aumenta la capacidad para retener lubricantes, reduciendo la abrasión de la contraparte cuando se fabrica una superficie con bajo coeficiente de fricción que sea autolubrificante; permite al material recubrirse con PTEF y uniones adhesivas mejorando la resistencia al calor con recubrimientos poliméricos, además, tiene aplicación en dispositivos electrónicos, opto electrónicos, magnéticos, y en nanotecnología (nanobarras, nanocables, nanotubos) (Wang *et al.*, 2005). Igualmente, la rugosidad predice el funcionamiento mecánico de un componente debido a que las irregularidades en la superficie pueden ser inicio de grietas y corrosión (Shih, 2008), además, juega un rol importante para determinar como un objeto interactúa con el ambiente, ya que influye tanto en características estéticas como en fenómenos de desgaste: abrasivo, superficial y corrosivo. Generalmente, las superficies rugosas se desgastan más rápidamente y tienen coeficientes de fricción mayores que las superficies lisas.

### 2.2.1 OPORTUNIDADES DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO

La actividad económica del aluminio es la opción más rentable y que ofrece las mayores oportunidades para acompañar al petróleo en la generación de divisas, progreso socio-económico y bienestar para los habitantes. Sin embargo, el potencial de esta industria no se ha explotado efectivamente en Venezuela, y la principal razón es debida a que casi el total de la producción alcanza sólo la fase de productos semielaborados, aun cuando se conoce que la mayor rentabilidad se obtiene cuando el grado de transformación es más elaborado, por lo cual se debe ir más allá y usar este material para desarrollar productos terminados (CVG Venalum, 2008b).

Según lo antes expuesto, se puede potenciar más la industria del aluminio venezolana dirigiendo esfuerzos hacia mejores horizontes industriales, que entre otras, deben involucrar las siguientes estrategias:

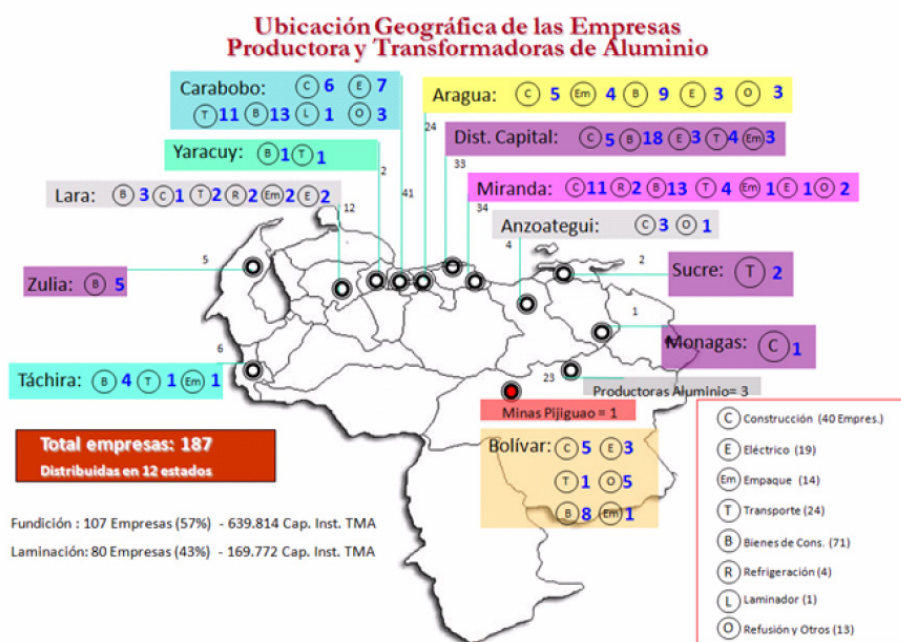
- a. La creación y desarrollo de más fabricas metalmecánicas;
- b. El uso de aluminio como materia prima de estas fábricas;
- c. El desarrollo e innovación de nuevos productos industriales cuya idea involucre el Ecodiseño y que su concepción pueda generarse a partir de las necesidades locales, tecnología disponible y los atributos del aluminio;
- d. El desarrollo de la capacidad tecnológica y la innovación de procesos con criterios de Ecoeficiencia;
- e. La mayor participación y colaboración entre universidades, tecnológicos e institutos de investigación y empresas;
- f. La manufactura según las especificaciones de servicio, con selección de materiales y procesos compatibles, y logrando los resultados con eficiencia y bajo costo;

- g. El mantenimiento de la continuidad del potencial natural de la industria, aprovechando el medioambiente de manera sostenible, disminuyendo los impactos ambientales negativos, previniendo peligros naturales de su procesamiento para lograr los objetivos de construcción de futuro, con desarrollo humano, armónico y sostenible;
- h. Respaldar y concretar con voluntad política de los entes decisores los planes y leyes, expuestos en el punto 2.2.3 dictaminados por la Asamblea Nacional y el ejecutivo nacional en referencia a la industria del aluminio y que se pueden relacionar para colaborar con los objetivos de generar una ventaja competitiva a la industria del aluminio en Venezuela.

Por todo ello, y en la dimensión de la sostenibilidad de la industria del aluminio, ésta necesita priorizar el minimizar su impacto negativo en lo ambiental y maximizar sus impactos positivos a través de su ciclo de vida de los productos industriales (desde la pre-minería hasta las etapas post-venta al consumidor), para que aporte una clara red de beneficios a la sociedad.

### 2.2.2 VENTAJA COMPETITIVA DEL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO

En Venezuela la industria básica del aluminio tiene una serie de ventajas competitivas debido a la ubicación estratégica entre las minas, las plantas procesadoras, las plantas de energía hidroeléctrica, población, ríos y sistemas de transporte. Además, existen 187 empresas metalmecánicas que producen productos terminados divididas en 12 estados de la geografía nacional, y actividades económicas del sector: construcción, eléctrico, empaque, transporte, bienes de consumo, refrigeración, laminador, refusión y otros, como se muestra en la figura 2 (CVG Venalum, 2009).



**FIGURA 2.** Ubicación geográfica de las Empresas Productoras y transformadoras de Aluminio. Fuente: CVG Venalum (2009).

## 2.2.3 PLANES Y LEYES NACIONALES COHERENTES CON EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO EN VENEZUELA

En Venezuela existen leyes y planes, que señalan como debe ser la organización y gestión para construir un futuro con calidad, seguridad y prosperidad industrial y ciudadana en un marco de sostenibilidad o sustentabilidad como lo reportan la documentación oficial, que entre las más importantes, se pueden hacer mención las siguientes: La Constitución de la Republica Bolivariana de Venezuela; El Plan Nacional Simón Bolívar (2007-2021); El Plan Guayana Socialista (2009-2019); Plan Nacional Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2030; y la Ley Orgánica Ciencia Tecnología e Innovación. Estos comparten lineamientos que son coherentes con el desarrollo de la industria del aluminio en Venezuela y al mismo tiempo son esenciales para lograr los objetivos de desarrollo humano, armónico y sostenible. Estos lineamientos en resumen conocen, promueven, controlan y administran los aspectos mencionados a continuación:

### 2.2.3.1 NECESIDADES DE LAS COMUNIDADES

Bienestar de la población basado en la satisfacción de las necesidades locales. Solución de problemas concretos de la sociedad, a través de la creación de nuevos procesos tecnológicos, esquemas organizativos o productos. Satisfacer las necesidades básicas en áreas de agroindustria, vivienda, salud, educación, mejorar la distribución de la riqueza, inclusión y adopción de un nuevo estilo de vida y de consumo.

### 2.2.3.2 DISTRIBUCIÓN DEL PODER Y PARTICIPACIÓN SOCIAL

Planificación y Control total por parte del Estado de actividades productivas de valor estratégico; Estructuras socio-institucional y legal de capital social; Sustitución de la concentración de toma de decisiones por autonomía descentralizada al alcance y para el desarrollo endógeno de comunidades locales; Empresas controladas y con participación directa de trabajadores y trabajadoras en la toma de decisiones; Relación muy estrecha entre empresas productivas-Estado-Institutos de Investigación; socialización del



conocimiento; Creación de redes de cooperación científica y tecnológica; Red articulada los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI).

### 2.2.3.3 VALORES CULTURALES DE LA POBLACIÓN

Colectivo, cooperativo, corresponsabilidad, cultura de ahorro, cultura de debate, democracia, democracia del saber, diversidad cultural, ética para la ciencia, la tecnología y la innovación, equidad, la formación integral permanente, honestidad, humanización del trabajo, integralidad, inclusión social, incremento de la cultura científica, justicia, libertad, participación, pensamiento crítico, proactividad, producción sustentable, respeto, respeto y protección del ambiente, rendición de cuentas, sentido de futuro, sustentabilidad, soberanía nacional, solidaridad, trabajo en equipo, tolerancia y visión ecológica.

### 2.2.3.4 ACTIVIDADES ECONÓMICAS Y PROYECTOS ECONÓMICOS

Orientar una mejor utilización de los recursos financieros disponibles, para direccionar prioridades para la inversión haciéndose énfasis en:

La diversificación de la economía no petrolera y la estimulación de la economía social, particularmente en el fortalecimiento de la microempresa, de las cooperativas, o Empresas de Producción Social (EPS), favoreciendo la democratización de la propiedad y la promoción del desarrollo con equidad. Por otro lado, se debe formular y ejecutar un plan de promoción de inversiones pertinentes con el apoyo del Sistema Nacional de Banca Pública, para la compra de materias primas e insumos, proyectos de ampliación, reconversión y reactivación de las industrias nacionales, así como para la ejecución de nuevos proyectos industriales que permitan el desarrollo de EPS transformadoras, aguas arriba y aguas abajo de la cadena productiva, dentro del marco del Desarrollo Endógeno

Socialista, para lograr la sustitución de importaciones. De esta manera se optimiza toda la cadena productiva, a través del incremento de valor agregado de cada uno de los eslabones de la misma, dando mayor énfasis al sector transformador con sus productos semielaborados y productos terminados.

### 2.2.3.5 EQUIPAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS E INSTITUCIONES

La propuesta de la conformación del sistema de empresas del país, bajo la concepción de un gobierno socialista, son: Empresas de Producción Social (EPS), empresas del estado, capitalistas privadas o EPS interconectadas, de diversos tamaños y estructuras tecnológicas. Integración total de sus procesos medulares y básicos en una red productiva, tanto en lo tecnológico, administrativo y social. Aprovechamiento eficiente de la infraestructura y capacidad instalada. Además la creación y fortalecimiento de centros de desarrollo, investigación e innovación en las regiones. Formación de talentos. Conformación de redes científicas y tecnológicas por prioridades.

### 2.2.3.6 PROCESOS DE OCUPACIÓN, ESPACIOS RURALES Y CENTROS URBANOS

Desarrollo Territorial Desconcentrado a través de ejes y regiones de desconcentración. El Eje Norte Llanero constituye el eje de integración y desarrollo principal. La autoridad nacional con competencia en materia de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones, promoverá las actividades de su competencia en el ámbito regional (aéreo terrestre o acuático), comunal y cualquier otra entidad territorial que dispongan las leyes de la República a través del fortalecimiento de redes que articulen a los sujetos de esta Ley entre sí, y entre éstos y el área productiva, a fin de impulsar la nueva organización territorial del Poder Popular para el ejercicio pleno de la soberanía nacional. Además, se busca mejorar las condiciones de hábitat de los

asentamientos humanos. Garantizar la valoración y el resguardo de los conocimientos tradicionales, tecnologías e innovaciones de los pueblos indígenas, de las comunidades campesinas y sectores urbanos populares. Se preservan los saberes populares, la diversidad de la cultura propia y el conocimiento ancestral de sus pueblos indígenas y afro descendientes, en el marco de los valores de cooperación, inclusión y soberanía nacional.

### 2.2.3.7 VIALIDAD Y TRANSPORTE

Se integrarán los sistemas de transporte y comunicaciones, mediante corredores multimodales de infraestructura. El Sistema Ferroviario Nacional será el principal medio de transporte. El Eje Norte Llanero constituye el eje de integración y desarrollo principal para el periodo que articulará a los demás ejes de desconcentración (ejes Occidental, Oriental y Apure-Orinoco). Se pretende articular el desarrollo de los Planes Nacionales de Ferrocarriles y Transporte (terrestre y fluvial) con los planes de las corporaciones para viabilizar la distribución de las materias primas, insumos y productos, así como del personal que labora en el seno de las mismas, en el marco del rescate de nuestra seguridad y soberanía.

### 2.2.3.8 POTENCIAL DE LOS RECURSOS NATURALES

El Consumo de energía debe ser racional. Se busca incrementar el potencial hidroeléctrico y promover la generación termoeléctrica e incentivar el uso de otras formas de energía que preserven el medio ambiente para satisfacer la capacidad de transformación de aluminio, hierro y acero en las regiones centro occidental y de los llanos del país. Los recursos del país se deben utilizar de manera progresiva, se debe impulsar la transformación de los recursos naturales, construyendo cadenas productivas, eslabonando la producción-distribución y consumo. Garantizar la distribución de los insumos y productos finales de hierro-acero y aluminio

provenientes de las Empresas de Producción Social (EPS) y Unidades Productivas Comunitarias en el mercado interno para favorecer prioritariamente las necesidades de consumo de la industria y población nacional.

### 2.2.3.9 SOSTENIBILIDAD, SUSTENTABILIDAD, ÁREAS PROTEGIDAS Y PREVENCIÓN DE AMENAZAS NATURALES

El desarrollo económico desde la perspectiva de la sustentabilidad, se entiende como un proceso permanente de transformaciones estructurales dirigidas a incrementar la capacidad de producción de bienes y servicios de calidad en las comunidades, acompañado de acciones de recuperación, prevención, mitigación y compensación ambiental adecuadas al tipo de relaciones que establece con su territorio; equidad en la participación de las personas en la generación de riqueza y justicia social para compensar las desigualdades en las condiciones como las personas participan en los procesos económicos.

Deben protegerse los sistemas ambientales para conservar el agua potable y la biodiversidad, reduciendo a la vez el impacto de la intervención humana y recuperando los cuerpos de agua y suelos degradados. Asimismo, disminuir la vulnerabilidad de la población tomando en cuenta las zonas de riesgo. Por otro lado, las corporaciones socialistas serán sustentables sólo si se incorpora y fortalece el sector transformador (incluyendo las metalmecánicas) como un todo, con las adecuaciones necesarias para cubrir las demandas de todos los procesos productivos (tanto aguas arriba como aguas abajo) con la creación de nuevas Empresas de carácter Estatales de insumos y de productos acabados que requieren el sector desde la extracción hasta los productos terminados. Todo esto, para lograr la independencia en la producción de los insumos básicos y en la generación de bienes y servicios orientados a satisfacer las necesidades de la población bajo el nuevo modelo productivo, desarrollo equilibrado de la

nación y desconcentrar las actividades productivas en términos sociales y territoriales.

Igualmente, el desarrollo sostenible será mediante la capacidad de innovar, importar, modificar y divulgar tecnologías para el desarrollo científico. Se debe generar un mecanismo de acumulación y generación de progreso tecnológico, que permita crear una capacidad propia para crecer, dejando abiertas las opciones para orientar la producción hacia mercados internos o externos.

### 2.2.3.10 CONCIENCIA DE SOBERANÍA, SEGURIDAD Y DEFENSA

Promover el aporte efectivo de la ciencia, la tecnología, la innovación y sus aplicaciones al desarrollo y fortalecimiento de la producción con un alto nivel de valor agregado venezolano que fortalezca la soberanía nacional. Se debe diversificar el potencial exportador una vez satisfechas las demandas internas.

El desarrollo industrial actual supone de un proceso que debe venir acompañado de políticas de apoyo e inducción desde el Estado a través de la instrumentación de mecanismos como los proyectos de innovación y desarrollo (I+D), creación de incentivos a la innovación, flexibilización de procesos de transferencia, entre otros, de modo que la relación empresa-Estado debe ser muy estrecha. La investigación debe estar acoplada al sector productivo para generar innovación, abaratar costos y adaptarse a nuevos mercados para lograr el desarrollo científico-tecnológico soberano y fortalecer el mantenimiento, operación, modificación, fabricación y diseño consciente de nuestros trabajadores (as).

Se debe crear el impulso del desarrollo tecnológico que posibilite autonomía de las actividades productivas. El fortalecimiento de la manufactura con base a cadenas productivas basadas en recursos naturales disponibles. Construcción de un mundo multipolar para acabar con el imperialismo norteamericano,

diversificando las relaciones con diversas áreas de interés geoestratégico. Se debe fortalecer nuestra soberanía e instrumentar las alianzas con países estratégicos en términos de intercambios favorables que permitan un nuevo esquema de relaciones internacionales en la conformación de bloques geopolítico, basado en reciprocidad y la cooperación que permitan incrementar el acervo técnico y tecnológico del sector siderúrgico del hierro-acero y aluminio en beneficio de los pueblos.

Se apoyará la conformación de redes científicas nacionales, regionales e internacionales privilegiando las prioridades del país. Asimismo, se fomentarán y desarrollarán políticas y programas de integración y cooperación internacional, con la finalidad de fortalecer las capacidades científico-tecnológicas y productivas endógenas.

Se resguardará la inviolabilidad del carácter confidencial de los datos electrónicos obtenidos en el ejercicio de las funciones de los órganos y entes públicos. Finalmente, se promoverá la independencia científica y tecnológica, el desarrollo tecnológico permanente, la asimilación selectiva de tecnologías y las líneas de investigación prioritarias.

## 2.3 PROBLEMAS Y RESTRICCIONES DEL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL ALUMINIO

La producción de aluminio nuevo es responsable del 1% de las emisiones de gases globales de efecto invernadero producidas por el hombre, además de producir deforestación, contaminación en corrientes de agua y posibles pérdidas de biodiversidad de la zona sobretodo en la etapa de minería y producción de alúmina y altos costos energéticos en la etapa de producción de aluminio primario (Vergara *et al.*, 2011b).

Sin embargo, estos impactos se pueden minimizar si se consideran esfuerzos en: **a.** Crear zonas de protección para ríos, vegetación y especies animales; **b.** Mejoras en tecnologías eficientes para el manejo y almacenamiento de

residuos y emisiones; **c.** Mejoras tecnológicas en los procesos de fabricación; **d.** Uso de mayores proporciones de aluminio reciclado en la fabricación de nuevos productos; **e.** Sustitución de materiales en medios de transporte por más componentes de aluminio. No obstante, sólo una nueva tecnología de fabricación disminuirá los impactos drásticamente. Sin embargo, se estima que cerca del 75% de todo el aluminio que se ha producido permanece hoy, lo que representa un creciente banco de energía y recursos para el país que consuma productos de aluminio, ya que los gastos energéticos y la emisión de gases para reciclarlo es sólo el 5% del gasto y emisiones de producir material nuevo, sin daños a los bosques y el metal puede ser reutilizado infinitamente, lo anterior indica que la investigación, el desarrollo de nuevas tecnologías de fabricación y el reciclaje del aluminio muestran el camino para el ecodiseño de productos.

Por otro lado existen grandes deficiencias tecnológicas y de infraestructura para la transformación de la materia prima a productos con alto grado de elaboración, así como carencia de estudios de productos que se puedan sustituir o fabricar por este material, falta de cultura tecnológica en cuanto a las ventajas de las características y propiedades del material, y ausencia de verdaderas políticas que animen a la investigación, diseño, fabricación y uso de productos con el mismo.

### 3. SÍNTESIS INTEGRAL: VISIÓN PROSPECTIVA Y EL SEMÁFORO DEL FUTURO DEL SECTOR DEL ALUMINIO EN VENEZUELA

#### 3.1 PROYECCIÓN DE OPORTUNIDADES (SEMAFORO EN VERDE)

El aluminio es un material 100% reciclable que tiene propiedades y características muy valoradas para la fabricación de muchos productos en diferentes sectores de diversas industrias. Existen

muchas necesidades de productos en diferentes sectores, incluyendo y dando rango de importancia trascendental a la construcción de infinidad de insumos y componentes industrializados de estructuras y cerramientos para la industria de la construcción, en el marco de la Misión Vivienda, la demanda de éstos materiales puede ser cubierta empleando el aluminio primario y reciclado como materia prima, lo cual permite sustituir las actuales importaciones de productos terminados. De igual manera, la materia prima es muy abundante en el país, hay una infraestructura establecida para su fabricación, existen grandes recursos de energía hidroeléctrica limpia y barata para su fabricación y un personal profesional y técnico altamente calificado.

Además, el país cuenta con suficientes instituciones universitarias de arquitectura e ingeniería y centros de investigación, así como la única Escuela de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, que permiten articular con el Estado venezolano, la realización de productos industriales innovadores, de bajos costos económicos y ambientales que se adapten tanto a los mercados tradicionales como a los nuevos.

Una ventaja muy significativa de los productos industriales manufacturados con aluminio, es que éstos al final de su ciclo de vida se pueden reciclar para fabricar nuevos productos, usando sólo el 5% de energía necesaria para su transformación sin perder ninguna propiedad físico mecánica respecto al aluminio elaborado a partir de la extracción primaria de la bauxita en las minas a cielo abierto.

Este hecho tecnológico permite proyectar la filosofía del *re-hecho* o *re-made* implantada por el Estado italiano en el marco de la Ecología Industrial, lo cual ha logrado la incorporación de material reciclado a sus nuevos productos de aluminio, entre otros materiales, sin perder la calidad estética, funcional, ergonómica y de competitividad financiera de los mismos.

Finalmente, en el caso de Venezuela, el Estado tiene planes para orientar una mejor utilización de los recursos financieros disponibles de la renta petrolera a través de la Empresa Petróleos de Venezuela (PDVSA), para direccionar prioridades en materia de inversión al sector productivo nacional, haciendo énfasis en la diversificación de la economía no petrolera y sostenible, lo que vino a llamar el Dr. Alberto Adriani y retomado por el Dr. Arturo Uslar Pietri en el siglo XX, como *“sembrar el petróleo”*.

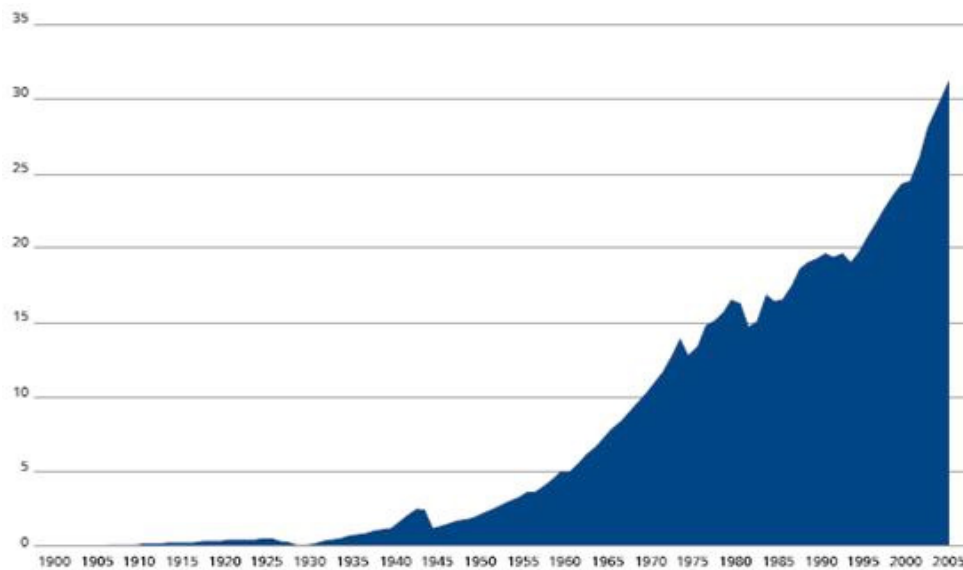
### 3.2 TENDENCIA FAVORABLE (SEMAFORO EN AMARILLO)

Aunque el aluminio ha sido producido comercialmente por los últimos 153 años, actualmente se produce más que otros metales no férricos combinados, a pesar del hecho de que materiales como el cobre, el plomo y el latón han sido usados por miles de años. El atractivo del aluminio se ve reflejado en su creciente demanda mundial por la sociedad que de manera ascendente ha exigido productos artesanales e industriales para satisfacer sus necesidades, habiéndose duplicado su consumo a partir del año 1970, previéndose un importante crecimiento en el futuro hasta el año 2005 y la tendencia

se mantiene en el presente (Figura 3) (AEA, 2010; Novelis, 2011).

Además, el aluminio tiene un gran potencial de ser reciclado. La producción anual del aluminio en el año 2006 fue alrededor de 34 millones de toneladas y la producción reciclada cerca de 16 millones de toneladas, donde se puede observar la tendencia que existe hacia el uso y consumo de material reciclado el cual constituye un ahorro energético (CVG Alcasa, 2008).

Tal como se explicó anteriormente en los apartados 2.2.3.4 al 2.2.3.6, otro factor que favorece a la industria del aluminio en Venezuela, es que el gobierno tiene diversos planes que en conjunto pretenden la estimulación de la economía social, particularmente en el fortalecimiento de la microempresa, de las cooperativas, o Empresas de Producción Social (EPS), favoreciendo la democratización de la propiedad y la promoción del desarrollo con equidad. Estas empresas encadenadas productivamente aguas abajo serán primordiales para la fabricación de nuevos productos y para fortalecer la tecnología y la innovación del sector industrial.



**FIGURA 3.** Gráfico que expone el consumo del aluminio en millones de toneladas por año desde 1990 a 2005. Fuente: AEA (2010).

No obstante, en Venezuela en la actualidad existen 187 empresas establecidas que fabrican productos terminados y hay planes para aumentar la cantidad y mejorar su tecnología. Asimismo, existen políticas de convenios y alianzas comerciales, de transferencia tecnológica que involucra entre otros al sector aluminio y en otra diversidad de áreas de interés geoestratégico con otros países como Rusia, Bielorrusia o China, basados en los principios de reciprocidad y la cooperación que permitan la construcción de un mundo multipolar.

Del mismo modo, favorece la inclusión de planes estratégicos definidos en los apartados 2.2.3.4, 2.2.3.6 y 2.2.3.7, y que requieren de verdadera voluntad política de los entes decisores del Estado para su desarrollo y consolidación en el tiempo, y en los cuales se exponen de manera sucinta Planes de Desarrollo Territorial Desconcentrado a través de ejes y regiones de desconcentración, y se pretende articular el desarrollo de Planes Nacionales de Ferrocarriles y Transporte (terrestre y fluvial) con los planes de las corporaciones para viabilizar la distribución de las materias primas, insumos y productos, así como del personal que labora en el seno de las mismas.

### 3.3 ELIMINACIÓN DE INCONVENIENTES (SEMAFORO EN ROJO)

El aluminio primario, es responsable del 1% de las emisiones de gases globales de efecto invernadero generados por la actividad industrial del hombre, además de producir deforestación, contaminación en corrientes de agua y posibles pérdidas de biodiversidad en las zonas de extracción de la materia prima (bauxita) en la etapa de minería, producción industrial de alúmina, así como altos gastos y costos energéticos en la etapa de producción de aluminio primario. Sin embargo, en todo el mundo (IAI, 2010) se están investigando y aplicando nuevas tecnologías para reducir su impacto ambiental. Asimismo, con estas tecnologías, se pueden

aprovechar todos los subproductos que se generen en el proceso productivo, permitiendo desarrollo industriales afines o derivados donde el residuo de una industria es materia prima de otra, tal como lo define la Ecología Industrial. Por ejemplo, estudiar la posibilidad de aprovechar los lodos rojos en Bauxilum para la elaboración de ladrillos, pintura, jabón, etc. Para ello se requiere la creación de Polígonos Eco-industriales para realizar una gestión eficiente de sus residuos, sostenible y que no resulte perjudicial para el medio ambiente.

Sólo el 75% de la alúmina producida en el país es procesada, el resto se exporta a mercados internacionales. De esta alúmina se produce el aluminio primario en las plantas reductoras, del cual sólo el 40% es procesado por la industria nacional pública o privada para la elaboración de productos semielaborados como: láminas, perfiles, chapas, bandas, alambón, ruedas, envases, cables, papel, tubos, ángulos, ventanas, puertas, tabiques, estructuras, cielo raso; y el resto se exporta.

Existen muy pocas empresas dedicadas a la fabricación de productos elaborados, y muy poca inversión en el conjunto de tecnologías que articuladas permitirían fabricar elementos, partes o componentes con gran diversidad de formas, acabados y propiedades. Estas empresas están repartidas en 10 estados: Anzoátegui, Aragua, Bolívar, Carabobo, Distrito Capital, Lara, Miranda, Monagas, Sucre, Táchira y Zulia. En estos estados se podría pensar en la planeación de la sostenibilidad con proyectos a nivel de gobierno local, donde exista una voz institucional para el desarrollo sostenible con la capacidad de mantener enfoques estratégicos a largo plazo, una población local participativa en todas las etapas de los proyectos, que haya sido informada, comprometida y apoyada para el desarrollo sostenible, con la capacidad local para negociar acuerdos entre grupos de interés competentes. En estas ciudades, los planificadores locales deben medir las contribuciones

locales a los problemas regionales y globales, y elaborar estrategias para reducirlos. Esta medición se puede realizar por ejemplo para emisiones y energía, mediante auditorías, análisis del ciclo de vida, y análisis aguas arriba y aguas abajo (Brugmann, 1996).

Los problemas relacionados con el cambio ambiental global comparten tres características fundamentales: **a.** Requieren la toma de decisiones en que los costos y los beneficios están separados por mucho tiempo transcurrido por lo que es difícil apreciar a corto plazo los resultados de una decisión; **b.** Son sistemas socio-ecológicos complejos acoplados intrínsecamente; **c.** Buscan la producción de bienes colectivos globales que van más allá del alcance de los esfuerzos individuales más unilaterales de cualquier actor. De ahí, que la eliminación de inconvenientes son un problema complejo que requiere de enfoques de sistemas complejos de alto gobierno basados en diversidad institucional y algunas veces de redundancia institucional, aparentemente hacinados en el mismo dominio, que sean eficaces para la regulación de recursos de un fondo común, que busquen principalmente equilibrios económicos, ecológicos y sociales cuya dinámica se desconoce porque está en constante cambio (Duit, 2010).

Asimismo, se deben considerar indicadores de sostenibilidad económica, ecológica y social que son complementarios para que informen a los políticos de los beneficios de la protección del medio ambiente y los costos asociados a los daños inherentes al sistema industrial de producción de un material (Klaus, 1997).

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En Venezuela, el gobierno y la sociedad encaran un reto gigante en el siglo XXI, para cambiar la actividad económica basada sólo en la industria petrolera y buscar alternativas en una dirección sostenible. Actualmente, se estima que la actividad económica del aluminio es la opción

más rentable y la que ofrece las mayores oportunidades para acompañar al petróleo en la generación de divisas y bienestar para los habitantes de Venezuela.

El aluminio puede aprovecharse en una amplia gama de productos, muchos de los cuales la sociedad mundial usa de manera continua y cotidiana. Es por ello, que se proyectan oportunidades de usar este material muy abundante en el país, 100% reciclable y con propiedades únicas para la fabricación de muchos productos en diferentes sectores de diversas industrias, sustituyendo importaciones de productos terminados, aprovechando que: **1.** Hay una infraestructura establecida para la fabricación de la materia prima; **2.** Existen grandes recursos de energía hidroeléctrica limpia y barata para su fabricación y **3.** Diversos planes y leyes vigentes de ordenación de territorio que pueden potenciar de manera sinérgica su valor económico, social y ecológico.

El ecodiseño de productos industriales, debe potenciar la industria del aluminio, con procesos de manufactura disponibles y ecoeficientes que respondan a requerimientos de productos con características tecnológicas de calidad, competitividad financiera y ecológicamente amigables con el medio ambiente. La construcción del progreso socio-económico debe ser lograda mientras se asegura que el ambiente natural permanece ecológicamente disponible y capaz de satisfacer las necesidades de futuras generaciones tanto como las presentes.

Finalmente, se estima que la industria del aluminio es una alternativa que debe considerarse como parte de la solución para un futuro sostenible, pero hacer su parte, necesita minimizar su impacto negativo y maximizar los positivos en lo ambiental, social y económico a través del ciclo de vida de sus productos manufacturados, desde la pre-minería hasta las etapas post-venta al consumidor. La lucha por la sustentabilidad, compartida por los planes

nacionales, la industria del aluminio y las comunidades debe compensar no sólo las necesidades básicas de toda la población, sino satisfacer sus expectativas para mejorar la calidad de vida. Por lo tanto, son necesarios enfoques de sistemas complejos en el gobierno central, que se basen en diversidad institucional, donde las instituciones trabajen en aspectos compartidos tanto en actividades como en vigilancia para que sean eficaces para la regulación de recursos destinados a un mismo uso, y que busquen equilibrios económicos, ecológicos y sociales que son tan variables en el tiempo, y tan necesarios para la sostenibilidad.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEA. 2010. *Asociación Española del Aluminio, El aluminio*. En línea: <http://www.asoc-aluminio.es/aluminio.aspx> [Consultado: 16/05/2010].
- ARPAL. 2008. *Asociación para el reciclado de productos de aluminio*. En línea: <http://www.aluminio.org/>. [Consultado: 4-05-2011].
- APORREA. 2010. *Elementos para definir una estrategia en el sector aluminio que contribuya al desarrollo socialista del país*. En línea: <http://www.aporrea.org/trabajadores/a65225.html>. [Consultado: 07/05/2011].
- ASERAL, 2009. *Reciclado del aluminio. Artículo técnico*. En línea: <http://www.confemetal.es>. [Consultado: 14/11/2010].
- BRUGMANN J. 1996. Planning for sustainability at the local government level. *Environ Impact Assess Rev* 16:363-379
- CESTEC. 2006. *Remade in Italy*, En línea: <http://www.cestec.it/remadeinitaly>. [Consultado: 26-05-2011].
- CLOQUELL B. V. A., W. CONTRERAS MIRANDA, V. CLOQUELL B., MARY E. OWEN DE C., MARIA T. RONDÓN S. y RAFAEL MONTERDE D. 2010. Propuesta de un proyecto de metodología marco para clasificar los parques nacionales de Venezuela, a partir de indicadores multifactoriales y diseño de una hoja de ruta.
- Revista Ecodiseño y Sostenibilidad* 2(1) 2010: 51-86.
- CORTINAS, C. 2007. *Mejoras técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales bajo el convenio de Estocolmo*. Artículo divulgativo. En línea: [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx). [Consultado: 14/11/2009].
- CVG ALCASA. 2008. *CVG Alcasa*. En línea: [www.alcasa.com.ve/sitio/Nuestrosproductos.htm](http://www.alcasa.com.ve/sitio/Nuestrosproductos.htm). [Consultado: 18/01/2008].
- CVG VENALUM. 2008a. *Desarrollo endogeno y responsabilidad social*. En línea: [http://www.venalum.com.ve/Aluminio\\_ID/ desarrollo\\_endogeno/Aluminio\\_\\_Desarrollo\\_Endogeno\\_\\_Responsabilidad\\_Social.pdf](http://www.venalum.com.ve/Aluminio_ID/ desarrollo_endogeno/Aluminio__Desarrollo_Endogeno__Responsabilidad_Social.pdf). [Consultado: 07/11/2008].
- CVG VENALUM. 2008b. *Potencial del Aluminio*. En línea: [www.venalum.com.ve/Aluminio\\_ID/potencial\\_aluminio/Potencial\\_del\\_Aluminio.pdf](http://www.venalum.com.ve/Aluminio_ID/potencial_aluminio/Potencial_del_Aluminio.pdf). [Consultado:07/11/2008]
- CVG VENALUM. 2009. *Plan Guayana Socialista 2009-2012*. En línea: <http://www.venalum.gob.ve/webapp/aplicaciones/extranet2/documents/PLAN.pdf>. [Consultado: 18/05/2011]
- DUIT, A., V. GALAZ, K. ECKERBERG y J. EBBESSON. 2010. Governance, complexity, and resilience. *Global Environmental Change* 20:363-368.
- EAA. 2008. *European Aluminium Association*. En línea: <http://www.eaa.net/>. [Consultado:6/05/2011].
- FONACIT. 2006. Plan Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación 2005-2030. En línea: [www.fonacit.gov.ve/documentos/pncti.pdf](http://www.fonacit.gov.ve/documentos/pncti.pdf). [Consultado: 15/05/2011].
- GOBIERNO BOLIVARIANO DE VENEZUELA. 2010. Plan Nacional Simón Bolívar. En línea: [www.gobiernoenlinea.ve/noticias-view/shareFile/PPSN.pdf](http://www.gobiernoenlinea.ve/noticias-view/shareFile/PPSN.pdf). [Consultado: 10/03/2011].
- HOLMBERG, K., H. RONKAINEN, A. LAUKKANEN y K. WALLIN. 2007. Friction and wear of coated surfaces- scales, modeling and simulation of tribomechanisms. *Surface & Coating Technology* 202(4-7):1034-1049.
- IAI. 2010. *International Aluminium Institute*. En línea: <http://www.world-aluminium.org/>



- About+Aluminium/Story+of [Consultado: 4/11/2010].
- IAI. 2010. *International Aluminium Institute*. En línea: <http://www.world-aluminium.org/>. [Consultado: 05/11/2010].
- IVIC. 2011. *Ley orgánica de ciencia, tecnología e innovación*. En línea: [www.ivic.gob.ve/varios/locti.pdf](http://www.ivic.gob.ve/varios/locti.pdf). [Consultado: 20/05/2011].
- KALPAKJIAN, S. y S. SCHMID. 2002. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educación. México. 887 p.
- KLAUS RENNINGS K. y H. WIGGERING. 1997. Steps towards indicators of sustainable development: Linking economic and ecological concepts. *Ecological Economics* 20: 25-36.
- LISCANO, S., L. GIL y R. SUBERO. 2006. Evaluación de la resistencia al desgaste abrasivo y deslizante de recubrimientos de alúmina-13%titania termorrociados sellados. *UCT10(39)*:178-180.
- LOZADA, J. R. 2009. Deforestación en Venezuela arriesga el desarrollo sustentable. *Revista Ecodiseño y Sostenibilidad* 1(1) 2009: 163-169.
- MENDEZ, E. 2011. *La ordenación y desarrollo del territorio (visión y construcción de futuro)*. Apuntes del Doctorado Desarrollo, Sostenibilidad y Ecodiseño. Universidad Politécnica de Valencia España, Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela. 33 p.
- MINAMB. 2011. Embalses de agua en Venezuela. En línea: [http://www.minamb.gob.ve/files/Embalses/Embalses-adscritos-\(PPTminimizer\).ppt](http://www.minamb.gob.ve/files/Embalses/Embalses-adscritos-(PPTminimizer).ppt). [Consultado: 05/05/2011].
- MITTERMEIER, R. y C. GOETTSCH. 1997. *Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo*. CEMEX S.A de C.V., Agrupación Sierra Madre S. C. México. 503 p.
- MOTT, R. 2006. *Diseño de elementos de máquinas*. Pearson Education, México. 271 p.
- NOVELIS, 2011. Historia del aluminio. En línea: [http://www.novelis-painted.com/el\\_aluminio/historia/index\\_esp.html](http://www.novelis-painted.com/el_aluminio/historia/index_esp.html). [Consultado: 2/11/2010].
- PDVSA, 2011. Museo ecológico virtual en Venezuela. En línea: <http://www.pdvsa.com/lexico/museo/minerales/aluminio.htm>. [Consultado: 25-05-2011].
- RENA. 2011. Historia del petróleo en Venezuela. En línea: <http://www.rena.edu.ve/primeretaapa/Historia/petroleohist.html>. [Consultado: 18/05/2011].
- SHIH, T.S., P. S. WEI y Y. S. HUNG. 2008, Optical properties of anodic aluminum oxide film on AL1050 alloys. *Surface & Coating Technology* 202:3298- 3305.
- SMITH, W., & HASHEMI, J. 2004. *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales*. McGraw Hill. Mexico. 262 p.
- TSANGARAKI-KAPLANOGLU, T. S., y T. DIMOGERONTAKIS. 2006. An investigation of electrolytic coloring process of anodized aluminum coating, *Surface & Coatings Technology* 201:2749- 2759.
- USGS. 2011. *An Estimate of Recoverable Heavy Oil Resources of the Orinoco Oil Belt, Venezuela*. En línea: <http://pubs.usgs.gov/fs/2009/3028/pdf/FS09-3028.pdf>. [Consultado: 23/01/2010].
- VENEZUELA TUYA. 2010. Ciudad Guayana. En línea: <http://www.venezuelatuya.com/guayana/ciudadguayana.htm> [Consultado: 27/02/2010].
- VERGARA, L., L. NEREY y V. GUEDEZ. 2011a. Modelo predictivo del espesor de la capa de óxido y microdureza en aluminio al3003-b14 y al6063-t6 anodizado usando análisis multifactorial, *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería* 19(2):186-195
- VERGARA, L., L. NEREY y V. GUEDEZ. 2011b. Modelo predictivo de la rugosidad y porosidad en aluminio Al3003-B14 y Al6063-T6 anodizado usando análisis multifactorial. *Revista Ciencia e Ingeniería* 32(2):105-112.
- WANG, H., y H. WANG. 2005, Thick and macroporous anodic alumina membranes for self-lubricating surface composites. *Applied Surface Science* 249:151-156.