



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
INSTITUTO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA
CONSTRUCCIÓN

Trabajo de Ascenso a la Categoría de Asistente

Caracas, 10 de septiembre de 2013

CONSIDERACIONES AMBIENTALES EN EL PROCESO DE PRODUCCION, MONTAJE, USO Y DESMONTAJE DEL SISTEMA DE ESTRUCTURA METALICA APERNADA (SIEMA)

Análisis del ciclo de vida del
sistema constructivo SIEMA

Autor: Arq. Mailing Perdomo Fernández
Tutor: Dr. Nelson A. Rodríguez González.

INDICE GENERAL

Portada

Índice -2

Resumen -4

Introducción -6

Capitulo I. – Análisis de Ciclo de Vida (ACV), metodología para la aproximarnos a la evaluación del impacto al ambiente -9

- Conceptos, antecedentes -10
- Instrumentos de Gestión Ambiental. Auditoría medioambiental -12
- ACV. Descripción de la herramienta -15

Capitulo II.- El Sistema, mas que un sistema de estructura metálica -19

- Ámbito general de la investigación -20
- Descripción del sistema SIEMA, catalogo de componentes y aplicaciones -23
- Descripción de procesos de producción. Flujogramas y esquemas -37

Capitulo III.- Análisis de procesos, Impactos ambientales generados y medidas -43

- Análisis de procesos de producción -44
- Impactos generados -47
- Medidas de prevención, mitigación y remediación¹ de estos daños -54

Conclusiones y Recomendaciones -56

Referencias Bibliográficas -59

Bibliografía consultada -61

Páginas Webs Consultadas -65

Apéndice -67

- Glosario -68
- Anexos -76

¹ Ver Glosario de Términos.

RESUMEN

A través del siguiente trabajo, se presenta la investigación realizada con el fin de evaluar el análisis del ciclo de vida (ACV) de los procesos de extracción, producción, transformación, transporte, montaje, uso, mantenimiento y fin de edificaciones con estructuras metálicas basadas en el uso del sistema constructivo Siema (Sistema de estructura metálica apernada). Este sistema diseñado en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), se trata de estructuras para la construcción de edificaciones de uso educacional hasta 3 pisos, que garantiza un rápido montaje, una eficiencia en la ejecución de obra, reducción de los desechos producidos por la actividad constructiva, entre otros aspectos. A través del mencionado ACV, se nos permite determinar los diversos impactos ambientales generados en los distintos procesos y subprocesos que contempla el ensamblaje de la estructura hasta su instalación en el sitio final de ubicación, así como su disposición final, reciclaje o bote, pudiendo establecer medidas preventivas, mitigantes y de remediación en los mismos, a fin de garantizar procesos más eficientes con el manejo de recursos, respeto a la biodiversidad, cuerpos de agua, calidad de aire, entre otros tantos elementos del entorno natural, esto a su vez con el uso de tecnologías limpias² que repercutan en el control de emisiones, efluentes, entre otros impactos contaminantes que degradan al ambiente.

Palabras claves:

SIEMA

Estructura metálica apernada

Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Procesos de extracción, producción y transformación

² Ver Glosario de Términos.

INTRODUCCIÓN

Dice el investigador Hervé Kempf (2007), en su libro “como los ricos destruyen el planeta”, la situación ecológica del planeta se agrava a una velocidad tal que los esfuerzos de millones de ciudadanos del mundo conscientes del drama, pero no lo suficiente numerosos, no logran frenarlas... el sistema social que en la actualidad rige la sociedad humana, el capitalismo, se resiste ciegamente a los cambios que es indispensable realizar si queremos que la vida humana conserve su dignidad y su esperanza...” p11.

Así es como, en la actualidad los procesos industriales en todo el planeta son cada vez más nocivos, destructivos, indetenibles gracias a la necesidad de la sociedad de cada vez producir más, para responder a una tipo de vida inequívoco. Son alarmantes las cifras de las emisiones de gases para la producción de energía, pero es igual de alarmantes los asociados a otros procesos industriales como la siderúrgica según revela Alberto Arruti, es responsable del 27% de las emisiones de CO₂, y entre el 60 y 65% del acero que se fabrica en el mundo se produce en hornos altos, lo que da lugar a entre 1,8 y dos toneladas de CO₂ por tonelada de producto.

Sin embargo, el mismo advierte la industria siderúrgica ha logrado reducir casi un 50% sus emisiones de dióxido de carbono en las últimas tres décadas, y que con la posterior producción del protocolo de Kioto, las empresas comenzaron la carrera por la producción de I+D para dar el salto tecnológico en este ramo.

Es así, como se hace necesario evaluar nuestras tecnologías constructivas basadas en el uso del acero, a los fines de analizar sus impactos y posibles soluciones o saltos tecnológicos.

Este es el caso del Sistema de Estructura Metálica Apernada (SIEMA), el primer sistema de estructura metálica para uso en edificaciones educacionales en Venezuela desarrollado en el Instituto de Desarrollo Experimental para la Construcción (IDEC), de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, llamado inicialmente VEN-UNO, el cual fue el resultado de la experiencia del CONICIT - IDEC- CLASP (Consortium of Local Authorities Special Programme: Programa Especial del Consorcio de Autoridades Locales del Reino Unido), que consistió en la transferencia tecnológica del Sistema “CLASP”, el cual era considerado según indica el Prof. Gustavo Flores, el primer caso a nivel internacional en el cual apareció plenamente desarrollada la concepción de “sistema constructivo abierto” (es decir, un sistema de partes

intercambiables y sustituibles, dentro de un cierto rango dimensional y un conjunto de especificaciones de comportamiento). Así mismo, el IDEC se encontraba en el desarrollo de sistemas constructivos y componentes con insumos nacionales, siendo el sistema CLASP es un sistema metálico (en su parte estructural), lo que permitía utilizar productos siderúrgicos venezolanos.

El presente trabajo, surge como resultado de las actividades realizadas en el marco del Proyecto de Investigación UCV- Sociedad (PUS) denominado “Evaluación y actualización del sistema constructivo SIEMA (Sistema IDEC de Estructura Metálica Apernada) para su aplicación en edificaciones de nuevos usos, energéticamente eficientes, sustentables y con pertinencia social”, financiado con el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (C.D.C.H.) de la UCV y coordinado por el Prof. Nelson Rodríguez.

Se planteaba el levantamiento y registro, así como reconstrucción de material de las aplicaciones construidas, por otro lado, su análisis a partir de metodologías de auditorías medioambientales y la producción de una guía para su producción, montaje y desmontaje eficiente. En este sentido, se planteó desde el punto de vista metodológico, la revisión bibliográfica y documental de las investigaciones realizadas en cuento al tema de producción de elementos de acero desde su inicio como mineral de hierro, hasta su desmontaje y procesos de reciclaje o reutilización, destacando el análisis de los impactos en cada procesos a través de la utilización de la herramienta del Análisis del Ciclo de Vida.

Este trabajo, también permitió impulsar actividades académicas para el pregrado de la Escuela de Arquitectura “Carlos Raúl Villanueva” de la FAU-UCV, la primera, la preparación y desarrollo de dos asignaturas de corte electivo: Estrategias para la Construcción Sostenible en Acero y Tecnologías para la construcción sostenible, y la segunda, el desarrollo exitoso de la pasantía académica: Sostenibilidad en la construcción con Acero.

Por otro lado en el marco del programa doctoral en Desarrollo Sostenible de la Universidad Simón Bolívar, se consolidó a partir del conocimiento y manejo de herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida, lo que permitió su aplicación al Sistema de Estructura Metálica Apernada (SIEMA), esto con la ayuda de un equipo multidisciplinario de biólogos, químicos, ingenieros y arquitectos.

El desempeño de la investigación logró culminar los objetivos propuestos en la misma, lo cual se hizo evidente a través de la ampliación del paquete tecnológico y la actualización

del Catálogo General del Siema mediante, con los aportes de la construcción de nuevas aplicaciones del sistema, como la del Núcleo UCV en Caicara de Maturín (aún en construcción), así como también el aumento del número de proyectos donde se utilizó el SIEMA (Casa Comunal Brisas del Panteón y el edificio ya construido de la Residencia Multifamiliar Brisas del Panteón en Caracas.), los cuales sirvieron además, como escenarios para profundizar la investigación y optimizar el sistema constructivo original. Por otro lado, la compilación del material necesario para la producción de una guía de construcción y mantenimiento de las aplicaciones realizadas con el SIEMA.

Asimismo, éstos resultados contribuyeron directamente al enriquecimiento del catalogo general de la tecnología constructiva SIEMA, así como a la línea de investigación que adelanta el IDEC desde hace más de dos décadas.

**CAPITULO I: Análisis de Ciclo de Vida (ACV),
metodología para aproximarnos a la evaluación del
impacto al ambiente.**

En la actualidad es cada vez más frecuente el uso de términos y conceptos como el calentamiento global, cambio climático, emisiones de carbono, el protocolo de Kyoto, afectaciones al planeta como consecuencia de las actividades del hombre, la sostenibilidad y la vida sobre el planeta, entre otros. Esto se debe en gran medida a las iniciativas en el desarrollo científico de investigadores que en todo el mundo analizan y discuten estos temas de gran trascendencia para la vida en el planeta.

Tras el famoso informe de Brundtland en 1987, llamado “Nuestro futuro común” y la posterior “Agenda 21” en 1992, ambos productos de Conferencias mundiales promovidos por las Naciones Unidas, inician la batalla por las acciones para la construcción real del término utópico hasta ese momento, Desarrollo Sostenible, término referido al tipo de desarrollo “que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”³.

Este informe, produjo una serie de lineamientos y consideraciones en el ámbito social, natural, político, tecnológico, urbano, pero principalmente en el ámbito económico, por cuanto pone de manifiesto, la incompatibilidad del desarrollo sostenible con los modelos de producción y consumo en todo el mundo, según el portal [cambio climático](#)⁴, “...ese modelo no sugiere que tenga que haber un estancamiento del crecimiento económico, sino su conciliación con las cuestiones medioambientales y sociales...”. Es así como en la definición del desarrollo sostenible del Brundtland, se indica que el desarrollo sostenible es: “... un proceso de cambio en el cual la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional están en

³ Informe de Brundtland, IV. Conclusion. En: <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#>

⁴ <http://www.cambioclimatico.andi.org.br/node/91>

armonía y mejoran el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas...”⁵.

Es entonces, cuando en distintas áreas del desarrollo y del conocimiento, comienza la implementación o búsqueda de la compatibilidad con el concepto anterior. En el campo de la construcción, emerge el concepto de construcción sostenible, refiriéndose según el Presidente del Consejo de la Construcción Verde de España, Aurelio Ramírez, “...aquella que teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales...”, es decir, se trata de la concepción, proyección y construcción del hecho urbano, el hecho edificado aplicando estrategias que permitan preservar las capacidades futuras.

Según Ramírez, “...la experiencia ha demostrado que no resulta fácil cambiar el sistema de construcción de los edificios y de gestionar su funcionamiento...”, “...Esto conlleva un cambio en la mentalidad de la industria -y las estrategias económicas- con la finalidad de priorizar el reciclaje, re-uso y recuperación de materiales frente a la tendencia tradicional de la extracción de materias naturales y de fomentar la utilización de procesos constructivos y energéticos basados en productos y en energías renovables...”⁶.

Como sabemos es la construcción, el mayor consumidor de recursos naturales, piedras, minerales, agregados, madera, combustible, y entre los mas importantes, el agua. Indica Ramírez: “...los edificios consumen entre el 20% y el 50% de los recursos naturales, dependiendo del entorno en donde están situados...”. Según los profesores Bárbara Sola Sánchez, Josep Capó Vicedo y Manuel Expósito Langa, la industria de la construcción absorbe el 50% de todos los recursos mundiales, lo que la convierte en la actividad menos sostenible del planeta. Es por ello que se considera que la industria de la construcción es de los indicadores de “desarrollo”⁷ de un país, que impacta, contamina, emite y vierte el mayor grado de gases y líquidos al ambiente.

Es así, como del análisis del consumo e impactos que produce la construcción de edificaciones, se desprenden una serie de mecanismos de gestión ambiental y la

⁵ Informe de Brundtland, I. The Concept of Sustainable Development. En: <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I>

⁶ En Revista Física y Sociedad, Nro. 13. Pág. 30.

⁷ Según RAE, 1. m. Acción y efecto de desarrollar o desarrollarse. 3. m. Econ. Evolución progresiva de una economía hacia mejores niveles de vida.

conformación de criterios de sostenibilidad de la construcción, entre ellos, como indica Ramírez, “...conservación de los recursos naturales, una maximización en la reutilización de los recursos, una gestión del ciclo de vida, así como una reducción de la energía y agua global aplicados a la construcción del edificio y a su utilización durante su funcionamiento...”.

De allí la importancia de la aplicación, en etapas previas a la construcción, de instrumentos de gestión ambiental, entre ellos, la evaluación de impacto ambiental (EIA) y los métodos de auditorías medioambientales (AMA) se cuentan entre los más importantes, las cuales se diferencian, porque el primero “...se limita a determinadas etapas de la vida de la empresa previas al funcionamiento de la misma -emplazamiento e instalación-, siendo obligatoria para obtener las autorizaciones para determinadas actividades... mientras que la AMA únicamente es obligatoria cuando aparecen los productos con ecoetiqueta, o bien cuando la gravedad del caso así lo requiere...”⁸.

Las primeras auditorías medioambientales comenzaron a aplicarse a finales de los 70 en Estados Unidos, como instrumentos voluntarios, denominados ecogestión o ecoauditoría. Su sentido inicial fue la identificación de cualquier problema existente o potencial relacionado con el ambiente, a partir de la normativa medioambiental vigente.

Según el Ing. Arturo Chávez Esquivel, “...las auditorías medioambientales, se requieren para evaluar el cumplimiento de la industria... en lo referente al manejo de materiales y residuos peligrosos; emisiones a la atmósfera; descarga de aguas residuales; riesgo de accidentes, sus procedimientos de control para prevenirlos y los sistemas de respuesta en caso de que ocurran e identificar las medidas correctivas necesarias para eliminar las deficiencias encontradas...”⁹.

También indica Chávez, con respecto a una auditoría medioambiental, que “... consiste en verificar, analizar y evaluar la adecuación y aplicación de las medidas adoptadas por la empresa auditada, para minimizar los riesgos de contaminación ambiental por la realización de actividades que por su naturaleza constituyen un riesgo potencial para el ambiente. Por lo anterior, el propósito de la auditoría ambiental es asegurar que el sistema auditado sea adecuado y suficiente para el cumplimiento con las condiciones para la protección al ambiente citadas en la ley...”.

⁸ Prof. Ángel Villalba. Universidad de Valencia.

⁹ Ing. Arturo Chávez Esquivel. Universidad de Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

Esto deja en claro que la auditoria medioambiental es una herramienta de protección y prevención, determinación de impactos al ambiente, la cual supone un instrumento con metodología sistemática, que permita medir la eficiencia, tiempo, costo, materiales, número de procesos asociados, entre otros ítems, en cualquier actividad de índole industrial, todo esto permite a los entes reguladores o de fiscalización definir políticas ambientales.

En este orden de ideas, un grupo de investigadores de la Universidad de Sevilla, profesores: Carmen Llatas, Antonio Garcia, Alessandro Roveri y Ricardo Huete, vienen investigando y analizando la ecoeficiencia de las edificaciones, y definen herramientas básicas para su evaluación, agrupándolas en tres grupos: "... 1) Guías y directorios de operaciones respetuosas con el medioambiente en el diseño y la construcción de edificios; 2) Bases de datos de productos y sistemas caracterizados desde el punto de vista ambiental; 3) Herramientas de análisis y valoración de la agresión al medio ambiente producida por el edificio..."¹⁰

La primera esta referida a manuales que sirven de referencia sobre criterios aplicables a la construcción de edificaciones, este es elaborado por autoridades locales y están enfocados primordialmente a temas energéticos. El segundo se trata de bases de datos de productos o servicios que a partir de la normativa vigente muestra el análisis de ciclo de vida e impactos de estos a los fines, entre alguna de las bases de datos recomendadas por este grupo de profesores se cuenta, el

MRPI¹¹ (Environmental Relevant Product Information Netherlands¹². El tercer grupo de herramientas se refiere a las aplicables una vez diseñado el edificio, refiriéndose a etiquetas

MILIEUPROFIEL constructiestaal, datakwaliteit goed						
Thema	eenheid	Constructie- staal voor zware toepassingen	Constructie- staal voor middelzware toepassingen	Constructie- staal voor lichte toepassingen	Constructie- staal voor binnen- wanden	Constructie- staal voor dak- en gevel- bekleding
Humane toxiciteit	kg 1.4DB	2.9E+01	4.4E+01	5.1E+01	8.5E+01	3.8E+01
Abiotische uitputting	kg Sb	2.8E+00	5.5E+00	5.6E+00	6.9E+00	4.4E+00
Ecotoxiciteit water (zoet water)	kg 1.4DB	5.7E+00	8.4E+00	1.0E+01	1.6E+01	7.5E+00
Ecotoxiciteit sediment (zoet water)	kg 1.4DB	9.2E+00	1.4E+01	1.6E+01	2.7E+01	1.2E+01
Ecotoxiciteit terrestrisch	kg 1.4DB	1.7E-01	2.6E-01	5.9E-01	6.0E-01	2.1E-01
Verzuring	kg SO ₂	3.0E+00	5.2E+00	5.5E+00	7.3E+00	4.2E+00
Vermesting	kg PO ₄ ³⁻	4.2E-01	6.5E-01	7.8E-01	1.1E+00	5.9E-01
Broeikaseffect	kg CO ₂	4.8E+02	9.4E+02	9.5E+02	1.2E+03	7.6E+02
Fotochemische oxydantvorming	kg ethyl	5.1E-01	8.0E-01	1.0E+00	1.4E+00	7.4E-01
Aantasting ozonlaag	kg CFK11	1.1E-04	1.6E-04	2.0E-04	3.2E-04	1.5E-04

Ilustración 1. Sistema MRPI Netherlands. Fuente: Ficha Técnica.

¹⁰ SB10mad, Sustainable Building Conference, en <http://www.sb10mad.com/ponencias/archivos/c/C024.pdf>

¹¹ Siglas en castellano que significan: Información ambiental acerca de un producto, este sistema es una base de datos de origen holandés, en el cual a partir de la sistematización del análisis del ciclo de vida, se cuantifica el impacto al ambiente de un determinado producto. Ver Ficha en **Anexo 1**.

¹² En: <http://www.sustainablesteel.eu/p/563/downloads.html>

como LEED¹³, BREAM¹⁴ o el EcoProfile o incentivos por el buen diseño o evaluaciones con sistemas informáticos de forma integral, es decir, edificio y entorno, así como los sistemas dedicados al análisis del comportamiento energético de los mismos.

Además de los anteriores en la actualidad existen otros instrumentos para la aplicación rápida y practica de una auditoria medioambiental como procedimientos de gestión medioambiental, diseñados para determinadas áreas del conocimiento o desarrollo económico. En este caso referido al área de la construcción, el profesor Brian Edwards, en su libro, Guía básica de la sostenibilidad define algunos de estos instrumentos o herramientas diseñados para la gestión de proyectos o ejecución de obras de forma más eficiente, reduciendo o minimizando los impactos al ambiente. Edwards indica que: "...en todos los casos o metodologías, el objetivo es el mismo: obtener más información sobre el impacto ecológico integral que produce un edificio durante su vida útil. Estas herramientas no aportan soluciones, pero ayudan a adoptar decisiones acertadas..." P.114

Entre ellos, el arquitecto Edwards, refiere las siguientes herramientas:

1. Sustainability Assessment Model (SAM), es el Modelo de Construcción Sostenible, "evalúa el proyecto durante la totalidad del ciclo de vida a partir de 22 indicadores de rendimiento..."p.115
2. Eco - Management and Audit Scheme (EMAS) es el Plan de Ecogestión y Auditoría, se trata de una declaración medioambiental usado principalmente en la Unión Europea, muy similar al Análisis de Ciclo de Vida (ACV), "...pero exige que el rendimiento medioambiental se audite a través de una empresa externa y que sus resultados se hagan públicos..." p.117.
3. BREDEM, se trata de un herramienta para la evaluación mediambiental de una tipología de edificación específica, en este caso viviendas, evalua consumo energético, en la calefacción, aporta información acerca de niveles de confort y humedad.
4. BREEAM, en cuanto a esta herramienta que nombramos en líneas anteriores, el Prof. Edwards, añade que es el sistema mas popular en el Reino Unido en todas las

¹³ Leadership in Energy and Environmental Design. Es un sistema de evaluación y certificación de sostenibilidad en el ámbito de la edificación. Este sistema cuenta con amplio reconocimiento internacional y es la herramienta de evaluación más usada en el mundo. M^a Zulema Lladosa.

¹⁴ Building Research Establishment's Environmental Assessment Method. Es un sistema de evaluación desarrollada por una asociación sin fines de lucro británica llamada BRE (Building Reserarch Establishment) a principios de los 90, orientada a la investigación en el sector de la construcción. M^a Zulema Lladosa.

tipologías, “...se basa en una tabla de puntuación que permite comparar distintas estrategias de proyecto previas a la construcción...”. Entre los resultados evaluados que arroja el sistema resaltan las emisiones de CO2, calidad de aire y ventilación, así como reciclaje y reutilización de materiales.

5. SEAM, este sistema británico, diseñado principalmente para las edificaciones educacionales fue diseñado por entes gubernamentales, permite auditar y con una escala de puntuación asociados a una cantidad de ítems (calidad de agua, ahorro de agua, uso de materiales reciclados, etc), genera un puntaje al diseño de esta edificación.
6. Análisis del Ciclo de Vida (ACV)¹⁵, constituye una herramienta que es punto de partida para cualquiera de los sistemas de auditoria previamente nombrados y descritos, por lo que para efectos de la presente investigación, ahondaremos en su definición, parámetros y metodología, que permite sistematizar y analizar de forma integral los procesos y producción de elementos, objetos y edificaciones.

Según Brian Edwards, se define como un método de auditoria al medioambiente que “...identifica los “flujos de materiales, energía y residuos que genera un edificio durante toda su vida útil, de manera que el impacto ambiental pueda determinarse por adelantado. Los flujos analizados engloban la extracción de materias y su uso, reutilización, reciclaje o eliminación. Normalmente hay tres opciones al final de la vida útil de un edificio: reutilización de las partes en una nueva construcción; reciclaje del material (por ejemplo, como áridos para hormigón nuevo); derribo del edificio y vertido de los escombros en un vertedero controlado...”p.112 (Ver ilustración 2)

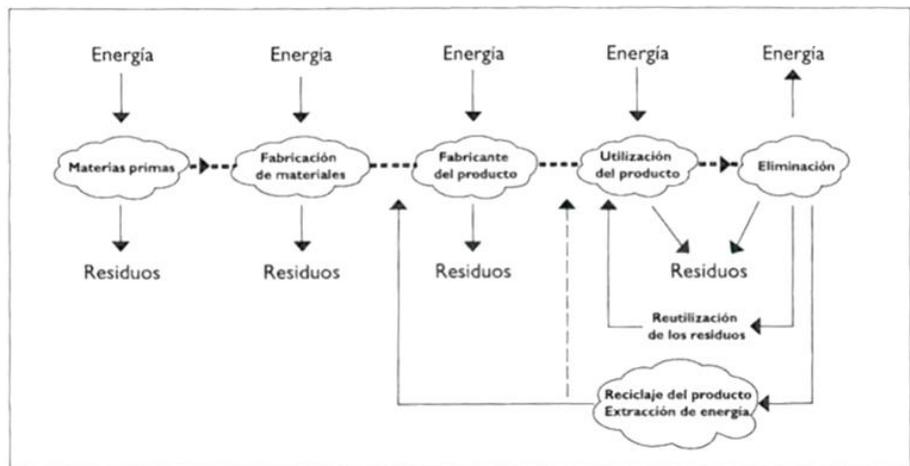


Ilustración 2. Impactos del ACV de un ladrillo. Fuente: Edwards.

¹⁵ Algunos autores también le denominan Evaluación del Ciclo de Vida (ECV).

Indica Edwards, que el ACV¹⁶ se diferencia de otros métodos de auditoria en que su evaluación del impacto no se limita únicamente a la parcela de la edificación, sino que contempla otros factores a través del tiempo, "...centrándose en complejos impactos, de su construcción, uso y posterior eliminación..." .p.112

Así mismo, indica que como herramienta posee tres grandes ventajas: "...Introduce la duración en la ecuación, teniendo en cuenta los diferentes impactos y ciclos de reciclaje según su enfoque global; Permite analizar el impacto energético, ecológico y medioambiental desde el punto de vista del beneficio social y económico; Constituye una herramienta integral que tiende puentes entre el proyecto, la fabricación, la construcción y el mantenimiento...". Este último aspecto, hace de este instrumento, una herramienta sencilla para el análisis de tecnologías y sistemas constructivos industrializados, sean analizados de una forma más exhaustiva y precisa sus factores y procesos en todas las etapas de proyecto.

Añade el mencionado autor, que cuando hablamos de este sistema de auditoria ambiental, y apuntamos recomendaciones sobre impactos ya ocasionados lo siguiente: "...Es preferible reutilizar que reciclar (debido a los costes energéticos que supone transformar un material), y es preferible reciclar que eliminar. Este sería un último recurso, ya que la capacidad de los vertederos es cada vez más escasa, los impuestos que gravan los residuos aumentan, y la producción de metano y otros gases emitidos contribuyen al calentamiento global...". P.114



Ilustración 3. Ejemplo de Procesos ACV. Fuente: <http://oliebana.com/2012/09/23/analisis-de-ciclo-de-vida-acv-en-la-construccion/>

¹⁶ Ver otros ejemplos de Flujogramas de procesos en **Anexo 2**.

Según el investigador del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, en La Pampa, Argentina, Daniel Iglesias, esta metodología: “...tiene sus orígenes en la década del sesenta, cuando fue evidente que el único modo eficaz de analizar el tema de “la energía” en los sistemas industriales desde el punto de vista ambiental, era el de examinar todos los procesos seguidos por la materia prima, desde su extracción, transformación y uso, terminando con el retorno a la ecosfera en forma de residuos, pero recién en la década de los 90’ se desarrolló y puso en práctica rápidamente...” .p.4 (Ver ilustración 4).

Características del Estudio	Mas Simplificado	➔	Menos Simplificado
Ejemplos:	ACV Muy Simplificado		ACV Completo
Fases del Ciclo de Vida	1 Fase solamente		Todas las Fases
Envergadura del Impacto/contaminantes	Simple Impacto/Contaminante		Todos los Impactos/Contaminantes
Cuantificación de Datos	Cualitativos		Cuantitativos
Especificidad de los Datos	Genéricos/Promedios		Específicos del Producto/Actuales
Calidad de los Datos	Estimados/ Alta Incertidumbre		Medidos/ Baja Incertidumbre
Otras Características:			
Transparencia	Solamente el total Final		Completamente Transparente
Especificidad Temporal	No		Si
Especificidad Espacial	No		Si
Escala	Local		Global
Disponibilidad de Datos Desagregados	Solo Datos Agregados		Todos los Datos Desagregados

Ilustración 4. Formato del Tipo de ACV. Fuente: Daniel Iglesias

Un aporte interesante al estudio del ACV, según este investigador es que esta metodología “...permite detectar situaciones en las que un determinado sistema parece “más limpio” que otro simplemente porque transfiere las cargas ambientales a otros procesos o región geográfica, sin un mejoramiento real desde el punto de vista global...¹⁷”.

Son numerosos los centros de investigación y entes gubernamentales que han destinado recursos humanos y económicos a la I+D de este tema, es el caso del Instituto Tecnológico de la Construcción (AIDICO), creado por la Generalitat Valenciana en España, quienes han constituido una línea de investigación destinada únicamente al Análisis de Ciclo de Vida (ACV), según ellos, es una “...herramienta, de Construcción Sostenible, generalmente reconocida y aceptada para evaluar y demostrar el comportamiento medioambiental de los productos, y por tanto usada en las

¹⁷ Fenómeno conocido como “problem shifting”. Definición referida al desplazamiento o transferencia de los problemas entre las diferentes presiones ambientales, grupos de productos, países o el tiempo. En http://www.eco-innovation.eu/index.php?option=com_glossary&letter=P&id=25&Itemid=126

declaraciones de impacto de los materiales... La materia prima y la energía usadas en la construcción deben ser minimizadas, así como la contaminación y los residuos que se generan, siendo uno de los objetivos de la Construcción Sostenible. Por lo tanto, y como parte principal de la Construcción Sostenible, el sector de los materiales de construcción debe tener en cuenta, todos los condicionantes medioambientales que entran en juego, es decir, el comportamiento medioambiental de dichos productos a lo largo de todo su ciclo de vida..."¹⁸.



Ilustración 5. Fases de la metodología del ACV.
Fuente: AIDICO

Un avance desde el punto de vista informático del ACV, lo constituye el sistema Eco-Quantum, de carácter público es aplicado principalmente en edificaciones residenciales, es un método que calcula y cuantifica a partir de dos factores, 1) el consumo de recursos, principalmente energía, agua y materiales y 2) los efectos ambientales, es decir, emisiones al aire, agua y residuos, obteniendo una evaluación global con parámetros positivos y negativos a partir de las cifras en gráficos y modelos.

Basados en los objetivos del presente trabajo de investigación, utilizaremos como metodología para la realización de una auditoría medioambiental inicial la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), el mismo nos permitirá identificar las fases, procesos, subprocesos y puntos de impactos al ambiente en los procesos de aceria y demás producción metalmeccánica de los componentes del Sistema Siema.

¹⁸ En <http://www.aidico.es/presentacion-cms-74-50-970/>

CAPITULO II: El SIEMA, más que un sistema de estructura metálica.

ÁMBITO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN.

EL PROBLEMA

Esta investigación esta referida al análisis del Sistema de Estructura Metálica Apernada (Siema), sistema diseñado a finales de los años 70, en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela. El mismo, con mas de 30 años de aplicaciones y avances en su conformación y diseño, ha pasado por diversas fases desde su creación, la etapa experimental, la etapa de auge en su aplicación en edificaciones educativas y de oficinas, y una fase reciente de nuevas aplicaciones y su incursión en viviendas. Sin embargo, con la importancia que ha adquirido la construcción sostenible, imponiendo actualización, revisiones y verificaciones en este ámbito, hace necesario iniciar la revisión y análisis del sistema en un ámbito general, es decir, componentes, aplicaciones realizadas, estado de las mismas, procesos de producción de cada uno de sus componentes, industrias involucradas y practicas ambientales de estas, todo esto con el fin de generar el análisis del ciclo de vida desde la extracción de materias primas involucradas hasta su fin como edificación, a través de la reutilización o reciclaje y la determinación de impactos durante todo este tiempo.

La presente investigación plantea las siguientes interrogantes:

- ¿Se ha realizado algún estudio del impacto ambiental del sistema SIEMA?
- ¿Es sostenible la construcción con el Sistema de Estructura Metálica Apernada (SIEMA)?
- ¿Cuales son los mecanismos para determinar el impacto ambiental de un sistema constructivo?
- ¿Cuales son los procesos productivos implicados en la construcción con el SIEMA?
- ¿Cuales son los impactos ambientales que produce la construcción con un sistema industrializado en acero?
- ¿Existen algunas alternativas para minimizar o mitigar el impacto al ambiente producido por este sistema constructivo?

OBJETIVO GENERAL

Realizar y analizar el ciclo de vida del sistema de estructura metálica apernada (SIEMA) a partir de la revisión del ciclo de producción, uso y montaje, a fin de identificar impactos generados por estos procesos, con el fin de proponer medidas de prevención, mitigación y remediación de estos daños.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Describir el Sistema Constructivo SIEMA, a fin de determinar los productos y procesos inmersos en su uso e instalación.
- 2.- Realizar levantamiento de las aplicaciones ejecutadas hasta la fecha con el SIEMA.
- 3.- Realizar flujograma de procesos asociados a la producción, uso y montajes desde la extracción de las materias primas hasta su instalación final en obra.
- 4.- Realizar análisis del ciclo de vida (ACV) del sistema de estructura metálica apernada (SIEMA).
- 5.- Identificar impactos generados por los procesos antes mencionados, con el fin de proponer medidas de prevención, mitigación y remediación de estos daños.

METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tendrá una orientación metodológica apoyada en actividades prácticas de campo y teóricas documentales, para lo cual se establecen, 3 etapas:

Etapa 1, destinada a la recopilación de la información disponible a través de una investigación documental, de los componentes utilizados desde la creación del sistema hasta nuestros días, a través de la visita en campo con levantamiento fotográfico y planimétrico de cada edificación construida con el sistema en nuestro país. Para sistematizar esta información, se diseñaran una serie de fichas que permitirán la organización y consolidación de los datos recopilados, que aportaran registros a la línea de investigación y sus labores de docencia y extensión.

Etapa 2, investigación de metodologías para la evaluación y análisis de procesos e impactos ambientales, para ello, se realizara una revisión bibliográfica y de medios digitales y a su vez nos aproximaremos a otros grupos multidisciplinarios de investigación, que nos permitan definir la metodología mas eficiente para la evaluación del sistema desde el punto de vista ambiental y sostenible.

Etapa 3, una vez definida y aplicada dicha metodología, avanzaremos en la elaboración de modelos, gráficos, esquemas o flujogramas de representación del análisis de ciclo de vida del sistema constructivo SIEMA. Todo esto con la finalidad de contar con un informe con el análisis de ciclo de vida, procesos, impactos, medidas de mitigación y remediación de los mismos.

MEDIOS DISPONIBLES

Para estos objetivos trazados, consideramos incorporarnos al Proyecto para equipos de investigación denominado Proyecto UCV – Sociedad (PSU), titulado: “Evaluación y actualización del sistema constructivo SIEMA (Sistema IDEC de Estructura Metálica Apernada) para su aplicación en edificaciones de nuevos usos, energéticamente eficientes, sustentables y con pertinencia social”, financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la U.C.V, y cuyo responsable fue el Prof. Nelson Rodríguez, profesor adscrito al IDEC, FAU – UCV y que forma parte de la línea de investigación de desarrollo tecnológico en acero del mencionado instituto de investigación . Esta decisión permite contar con el financiamiento necesario para constituir un equipo de trabajo para el levantamiento de aplicaciones, digitalización de los planos de las edificaciones construidas, actualización digital del catálogo de componentes, adquisición de equipos informáticos, así como la apertura de pasantías académicas a los fines de transferir conocimientos y formar personal para esta línea de investigación que apoye el equipo humano que avanzara en las actividades trazadas.

SISTEMA DE ESTRUCTURA METALICA APERNADA, SIEMA,



Ilustración 6. Sistema Siema. Edificio Sede Instituto de Ingeniería. Fuente: Registro fotográfico de la línea de investigación

El Sistema de Estructura Metálica Apernada SIEMA, es un sistema diseñado en el IDEC-FAU-UCV, surge de la experiencia de intercambio del proyecto de investigación CONICIT-IDEC-CLASP a finales de los años 70, la cual constituyó la primera aplicación del sistema, la Escuela de Guarenas Carmen Cabriles, como lo indica la Prof. Maggi (1985), se trata de un “...sistema constructivo de acero basado en el ensamblaje en obra de componentes estandarizados, producidos industrialmente...”, principalmente usado en edificaciones educacionales de hasta 3 pisos.

Como lo indica en su página web¹⁹, el SIEMA, constituye “...un sistema estructural desarrollado bajo el enfoque sistémico de las edificaciones, utilizando la tecnología del acero y materia prima nacional. Por su modo de adición de componentes y por su sistema de modulación, el SIEMA brinda las condiciones necesarias para la construcción progresiva y sostenible...”. Sus componentes son producidos por distintos fabricantes y para garantizar su flexibilidad están coordinados dimensionalmente mediante un sistema de retículas. Los componentes de acero ya industrializados, son sometidos a cortes y perforaciones en talleres metalmecánicos medianamente especializados.

¹⁹ <http://www.siema.com.ve/>

Otros usos aplicados con el sistema:

- Oficinas
- Centros asistenciales
- Servicios comunales (casas comunales).
- Servicios de apoyo industrial
- Laboratorios
- Viviendas

Descripción

Está conformado por una armazón articulada de acero: cerchas apernadas a las columnas, losas de concreto vaciadas en sitio y arriostramientos diagonales. Las escaleras están conformadas por componentes metálicos fijados a la estructura. Los escalones se producen por vaciado de concreto o granito sobre encofrado resistente de lámina metálica doblada.

El sistema de cerramientos no está incluido dentro del sistema. Puede utilizarse cualquier tipo de tabiquería liviana existente en el mercado. Admite una variada gama de cerramientos internos y externos, cielorrasos y acabados con materiales y componentes existentes en el mercado, de acuerdo a los requerimientos funcionales, estéticos y ambientales:

- aluminio,
- laminados plásticos,
- madera,
- mampostería convencional,
- prefabricados de concreto,
- vidrio,
- otros.

Las instalaciones eléctricas, sanitarias, mecánicas y de gas, pueden ser colocadas a la vista o embutidas en la tabiquería. Las tuberías pueden distribuirse a través de



Ilustración 7. Componentes. Fuente: PUS



Ilustración 8. Cerramiento Banco del Libro. Fuente: PUS

las cerchas y colgarse de las losas.

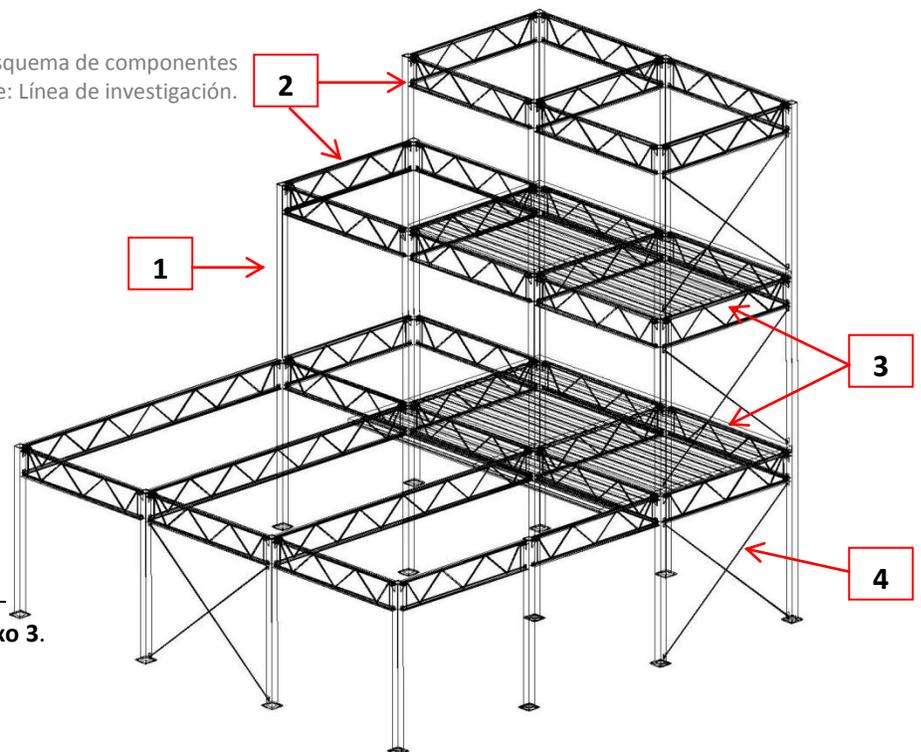
Componentes²⁰

1. Columna tubular cuadrada. Existen cuatro tipos. (Tubos de Sección Cuadrada).
2. Cerchas apernadas conformadas por angulares y cabillas. Existen ocho tipos de acuerdo a la luz y a la función.
3. Arriostramiento con Diagonales (Cruces de San Andrés) conformadas por barras de acero. Existen dos tipos.
4. Losa de concreto armado de espesor de 10 cm, vaciada en sitio con la utilización de lámina metálica como encofrado colaborante (Losacero).
5. Escalera de dos tramos conformada por una estructura metálica con escalones compuestos por una formaleta metálica y concreto. Pueden ubicarse tanto en el interior como en el exterior de la edificación.



Ilustración 9. Componentes, Sede de Instituto de Ingeniería.
Fuente: Propia.

Ilustración 10. Esquema de componentes SIEMA. Fuente: Línea de investigación.



²⁰ Ver Catálogo sintetizado en **Anexo 3**.

FICHA TÉCNICA

Nombre del Sistema	Sistema de Estructura Metálica Apernada (SIEMA)	
Material:	Acero y losa de concreto	
Especificaciones:	Perfiles PS-25 Cabillas SIDOR CS-28 Concreto $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$	
Módulo de Diseño:	1,20m x 1,20m.	
Módulo Estructural:	7,20m. x 3,60m.	7,20m. x 2,40m.
Luces: Cerchas	Principales (de carga): 7,20 m – 6,00 m – 4,80 m – 3,60 m – 2,40 m – 1,80 m.	Secundarias: 3,60 m – 2,40 m.
Losas de entrepiso y techo	Luces de 3,60m y 2,40 m.	Espesor: 10 cm
Arriostramientos diagonales	Colocados según los requerimientos del análisis sísmico.	
Número de Pisos:	De uno a tres pisos	
Altura de Entrepiso:	3,15 m. para una altura libre de 2,40 m.	
Peso de la estructura metálica (excluyendo la losa)	24 Kg/m ²	
Uniones	Apernadas: Pernos A-JOB	Soldadas: Soldaduras E-60 XX
Magnitud de los componentes	Elemento más grande: 7.20 m x 0.60 m.	Elemento más pesado: 208.40 Kg.
Sobrecargas	Entrepiso	<ul style="list-style-type: none"> • Carga viva: 300 Kg/m² • Acabado de piso: 80 Kg/m² • Tabiquería liviana: 50 Kg/m² • Servicios: 35 Kg/m²
	Techo	<ul style="list-style-type: none"> • Carga Viva: 100 Kg/m² • Impermeabilización: 50 Kg/m²

Fuente: Elaboración propia a partir de documentos del Proyecto de investigación UCV-Sociedad

Sistema IDEC de Estructura Metalica Apernada (SIEMA)									
Nro. De pisos	Luces		Módulo Base	Componentes	Tipos	Especificaciones	Dimensiones	Peso	Costos
	Longitudinales	Transversales							
3	2,40	2,40	1,20	Columnas	C-D01.003	Perfiles tubulares estructurales soldados (Sección cuadrada) 155x155 mm	L= 10,912 mts.	262,69 Kg.	3.000 Bs./m2 (Incluye areas exteriores, paisajismo) Basados en costos de ultima aplicación en Caicara de Maturín.
	3,60	3,60			C-C01.002		L= 7,242 mts.	175,41 Kg.	
	7,20				C-D01.001		L= 3,566 mts.	88 Kg.	
			Techo C-D02-201	Vigas	Cerchas a base de angulos y barras / Componente Joist	L= 7,20 mts. h= 0,60 mts.	6,68 Kg.		
			Entrepiso C-D02-101			L= 7,20 mts. h= 0,60 mts.	9,25 Kg.		
			Techo C-D02-202			L= 6,00 mts. h= 0,60 mts.	5,28 Kg.		
			Entrepiso C-D02-102			L= 6,00 mts. h= 0,60 mts.	6,05 Kg.		
			Techo C-D02-203			L= 4,80 mts. h= 0,60 mts.	3,65 Kg.		
			Entrepiso C-D02-103			L= 4,80 mts. h= 0,60 mts.	4,08 Kg.		
			Techo C-D02-204			L= 3,60 mts. h= 0,60 mts.	2,34 Kg.		
			Entrepiso C-D02-104			L= 3,60 mts. h= 0,60 mts.	2,66 Kg.		
			Techo y entrepiso C-D02-105			L= 2,40 mts. h= 0,60 mts.	1,54 Kg.		
			Losas			Sofito metálico + vaciado de concreto	e= 10 cms.		
			Arriostramientos	Barras sección circular (lisas ó estriadas)	Aceros estructural PS-25				
			Escaleras	Tubos soldados + componente de peldaños	Tubos= 165x65 mm Huella= 0,30 mts Contrahuella= 0,1558 mts.	11,34 kgf/m			

En esta tabla se aprecia las especificaciones técnicas y características de cada componente del sistema.

Tabla Nro. 1

Fuente: Elaboración propia a partir de documentos del Proyecto de investigación UCV-Sociedad

Ventajas del Sistema

Basados en el análisis de los documentos de la línea de investigación de Desarrollo en Acero del IDEC, en los informes finales del Proyecto UCV – Sociedad, y en las 7 estrategias de Construcción Sostenibles²¹ desarrolladas por el Prof. Domingo Acosta, que considera que “...No se trata únicamente de “hacer más con menos”, ni se trata asimismo de una simple reducción del consumo de recursos. Se trata más bien de lograr construcciones cuyo ciclo de vida no conduzca los flujos de materia y energía “de la cuna a la tumba” sino “de la cuna a la cuna...”. Pág. 20.

En este sentido, el sistema Siema evidencia importantes aportes en su sostenibilidad constructiva considerando los siguientes aspectos:

1. **Reducción del consumo de recursos**, a través de la racionalización y la reducción en el consumo de materiales por metros cuadrados, demostrándose en la producción de cortes, soldaduras y perforaciones de cada componente en taller, a través del diseño previo de las uniones y detalles, basándose en los productos y especificaciones de las empresas metalmecánicas de mayor producción en el país.
2. **Reducción del consumo energético**, con las buenas practicas de diseño y construcción, a través del desarrollo de nuevos cerramientos y acabados compatibles con la eficiencia del sistema
3. **Construir bien desde el inicio**, diseñando y construyendo de forma que permita la calidad, durabilidad, bajo mantenimiento. Además de esto considerando las premisas del desarrollo progresivo de la edificación.
4. **Cero desperdicios**, a través de la coordinación modular de la edificación que permite la reducción de residuos y promueve la reutilización y reciclaje de los componentes de la edificación.

Así mismo, el grupo de investigadores involucrados en su desarrollo e innovación, entre ellos la Prof^a. Gladys Maggi, advierten de las siguientes ventajas²²:

- Facilita y acelera el proceso de diseño, fabricación y montaje.
- Optimiza los componentes y minimiza el desperdicio de materiales.
- Reduce el tiempo de diseño de construcción y los costos.
- Bajo condiciones controladas en taller permite una producción estable, continua y de alta calidad.

²¹ Acosta, D. (2003). Ver **Anexo 11**.

²² <http://www.siema.com.ve/>

- Dimensionalmente admite la más amplia gama de cerramientos internos y externos existentes en el mercado, permitiendo adecuar el diseño a las variables climáticas y ambientales.
- Admite cambios de dirección del módulo estructural otorgando mayor flexibilidad al diseño espacial.
- Los componentes están diseñados con base a materiales de fácil obtención de la industria nacional.
- Su elaboración puede ser efectuada en un taller metalmecánico medianamente especializado y su montaje no requiere de mano de obra especializada.

Es por ello, que podemos afirmar hasta este punto que el Siema, es un sistema con importantes aportes al campo de la construcción, considerando el tiempo desde su inserción como sistema constructivo en nuestro país, lo innovador en el uso de las estructuras metálicas en edificaciones educacionales y de oficinas, así como también las características de sus componentes de vigas, columnas, arriostramientos y cerramientos, que repercuten en la conformación tipológica de las edificaciones y su estética final, siendo un sistema con importantes cualidades en el campo de la construcción sostenible.

Aplicaciones construidas entre 1978 y 1998

Como parte del proyecto de investigación PUS, se realizaron actividades inherentes al levantamiento fotográfico y planimétrico de las aplicaciones construidas con el sistema, así como la actualización y digitalización de sus planos, todo ello con la finalidad de contar con un registro actualizado del sistema en la línea de investigación de Desarrollo del IDEC. Para lo anterior se apertura una pasantía académica en pregrado, a la cual asistieron 3 estudiantes, que aportaron con su empeño y dedicación, las capacidades requeridas para la concreción de dichos objetivos. Parte de la información presentada en este trabajo (fotografías, planos y fichas), son producto de lo descrito.

1. Escuela Básica Experimental – Unidad Educativa Carmen Cabriles²³.



Ilustración 12. Escuela Carmen Cabriles de Guarenas. Fuente: PUS

Se trata de la primera aplicación del SIEMA para ese entonces llamado VEN-1, ubicada en el Sector 1 de Trapichito, Guarenas. En este momento, el sistema era el resultado de la adaptación de las piezas del sistema estructural en acero CLASP de origen inglés, a las piezas que se producían en Venezuela en ese momento. La edificación de planta escalonada asimétrica, de dos niveles, posee una longitud máxima de 60 m. y un ancho de 26,40 m., para la misma, se utilizaron módulos estructurales de 3,60 m y 2,40 m y el entrepiso es de 3,10 m.

Entre sus componentes estructurales se encuentran:

²³ Ver ficha de la aplicación en **Anexo 4**.

- Columnas de perfil cuadrado CONDUVEN DE 155 x 155 x 4,5 mm. producidos por SIDEROCA²⁴.
- Cerchas elaboradas en taller, compuestas por dos perfiles angulares de 50 x 5 x 50 mm en cordón superior e inferior, unidas a todo lo largo (en zigzag) por una barra de acero estriada de diámetro 7/8", todos estos elementos producidos por SIDOR.
- Paneles de concreto prefabricado, para la losa de techo y de entrepiso. Se utilizaron módulos estructurales de 2,40 – 3,60 – 3,60 y 7,20 m.

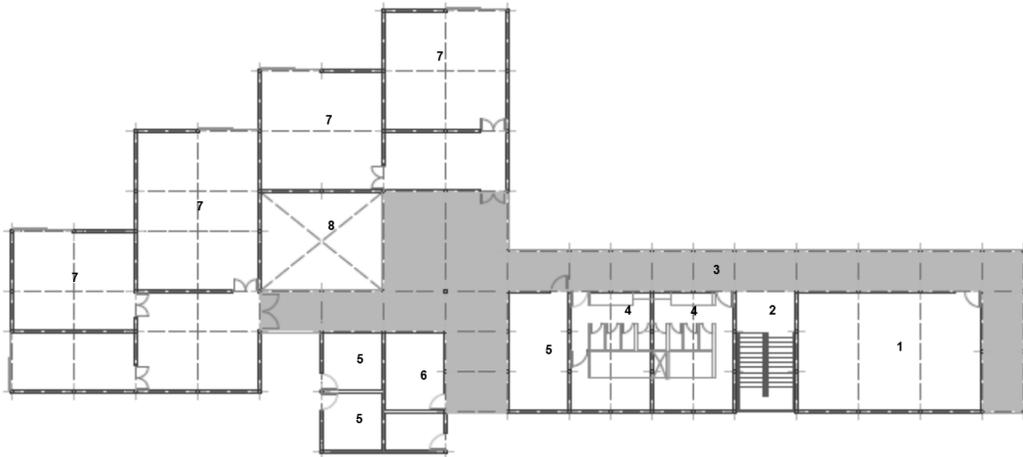


Ilustración 13. Planta de la edificación. Fuente: PUS

2. PDD de la Procter & Gamble²⁵.



Ilustración 14. Edificio Corporación de Servicios GDC La Yaguara (Antigua Procter & Gamble). Fuente: PUS

²⁴ Complejo Industrial Siderúrgica de Occidente.

²⁵ Ver ficha de la aplicación en **Anexo 5**.

Esta edificación fue la segunda aplicación del sistema, en la actualidad esta destinado a las oficinas de recursos humanos de la Corporación de Servicios del Distrito Capital anteriormente oficinas de la trasnacional Procter & Gamble, ubicado en la zona industrial de la Yaguara. Es una edificación de planta irregular, con una altura de 7,40 m. y un área de construcción de 1.100 m², la cual se distribuye en 2 niveles, en la que se utilizaron módulos de 3,60 m. y 4,80 m. a lo largo y ancho de las fachadas y módulos de 7,20 m. en algunas partes internas de la edificación. El entrepiso es una losa de concreto sobre encofrado perdido de lámina metálica corrugada.

Entre sus componentes estructurales se encuentran:

- Columnas de perfil cuadrado de 155 x 155 x 4,5 mm., producidos por UNICON, para ese momento CONDUVEN.
- Cerchas elaboradas en taller, compuestas por 2 perfiles angulares de 50 x 5 x 50 mm en cordón superior e inferior, unidas a todo lo largo (en zigzag) por una barra estriada de diámetro 7/8", todos estos elementos producidos por SIDOR.
- Lámina de acero galvanizado como encofrado perdido no colaborante para la losa de techo y de entrepiso.

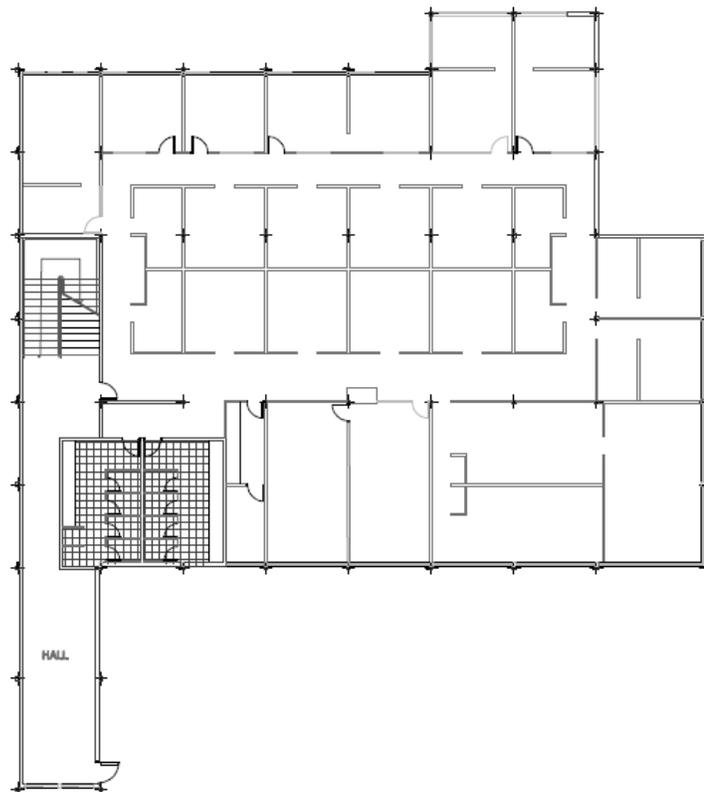


Ilustración 15. Planta de la Edificación. Fuente: PUS

3. Banco del Libro²⁶.



Ilustración 16. Banco del Libro. Fuente: PUS.

El Banco del Libro, llamado sede del Centro Bibliotecario Andrés Bello, se encuentra ubicada al sur de la Urbanización Altamira. Es un edificio de planta rectangular, con un área de construcción de 1.500 m², distribuidos en 3 niveles, la misma cuenta con un ancho de 12,60 m. (módulos de 7,20 m. y 5,40 m.), una longitud de 39,60 m. (11 módulos de 3,60 m.) y una altura de 9,15 m. El entrepiso es una losa de concreto sobre encofrado perdido de lámina metálica corrugada.

Entre sus componentes estructurales se encuentra:

- Utilización de tubulares producidos por SIDEROCA para las columnas, utilizando para las columnas de tres pisos una combinación de una columna de dos pisos con una especial de un piso, realizando la unión rígida a la altura del segundo piso.
- En cuanto a su infraestructura, el edificio está posado sobre fundaciones directas de dos tipos aisladas y continuas.
- En los componentes de cerramientos se utilizaron paneles de tipo sándwich de lámina de aluminio anonizado en el exterior y galvanizado en el interior, también se utilizaron fachadas de vidrios fijos y protectores solares plásticos reforzados con fibra de vidrio.

²⁶ Ver ficha de la aplicación en **Anexo 6**.

- Para las cerchas se utilizaron módulos de 7,20 – 5,40 y 1,80 en las principales y secundarias de 3,60 y 1,80.
- Para la losa de techo y de entrepiso se utilizó lámina de acero galvanizado LOSACERO como encofrado perdido no colaborante. La cantidad de acero utilizado en esta edificación fue de 26 Kg./m².

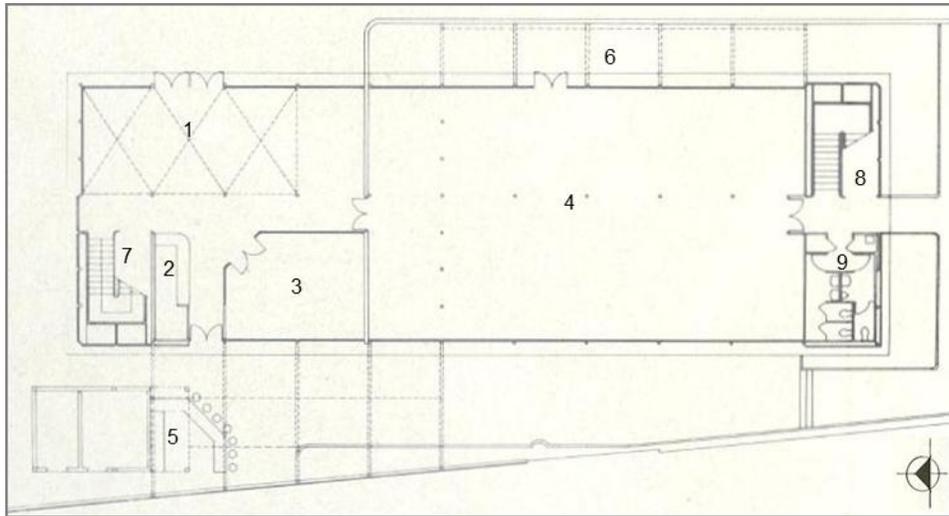


Ilustración 17. Planta acceso. Fuente: PUS

4. Instituto de Ingeniería²⁷.



Ilustración 18. Edificio Sede Instituto de Ingeniería. Fuente: PUS

²⁷ Ver ficha de la aplicación en **Anexo 7**.

Esta aplicación ubicada en el valle de Sartenejas dentro del complejo del Instituto de Desarrollo Experimental Avanzado (IDEA), es la sede del Instituto de Ingeniería. Es un edificio de planta rectangular, con un ancho de 25,35 m., una longitud de 61,53 m. y una altura de 10,50 m., posee un área de construcción es de 3.500 m² la cual se distribuye en 2 y 3 niveles. En la misma se utilizaron módulos de 2.40 m. y 3,60 m. a lo ancho de la planta y 17 módulos de 3,60 m. ubicados longitudinalmente.

Entre sus componentes estructurales se encuentran:

- Columnas de perfil cuadrado CONDUVEN DE 155 x 155 x 4,5 mm. producidos por UNICON.
- Cerchas elaboradas en taller, compuestas por 2 perfiles angulares de 50 x 5 x 50 mm., en el cordón superior e inferior, unidas a todo lo largo (en zigzag) por una barra estriada de diámetro 7/8", todos estos elementos producidos por SIDOR.
- Lámina de acero galvanizado como encofrado perdido no colaborante, producido por LAMIGAL, para la losa de techo y de entrepiso.
- En cuanto a su infraestructura, el edificio esta posado sobre una losa continua de fundación.

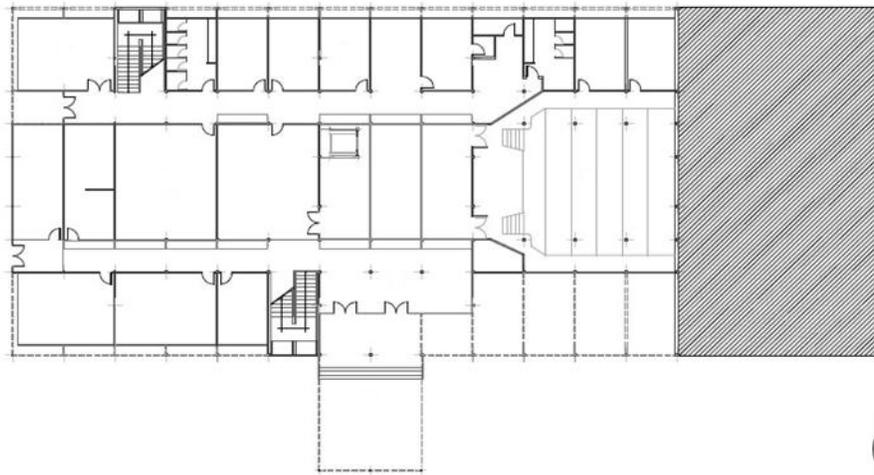


Ilustración 19. Planta de acceso. Fuente: PUS

Otras aplicaciones

5. Núcleo de la UCV- Caicara de Maturín, Edo. Monagas.



Se trata del Campus de la U.C.V. en el Edo. Monagas, ubicado en la población de Caicara de Maturín con un área de parcela de 11.000 m², con 8.000 m² de implantación y 6.000 m² de construcción.

Este edificio constituye una aplicación reciente del sistema SIEMA, el cual a través de un enfoque energéticamente eficiente y sustentable incorpora elementos pasivos de acondicionamiento ambiental. En cuanto al sistema, se trato de una aplicación de 2 pisos, con la utilización de módulos de 2,40m., 3,60 m., y 4,80m. Así mismo, se realizaron cambios en los detalles constructivos del sistema como la incorporación del componente Joist 1 con modificación en su nodo para acoplarse al sistema, producido por SIDETUR (Hoy Siderúrgica Nacional), aplicación de nuevos cerramientos con romanillas a producidos a partir de componentes cerámicos y se probaron nuevos componentes diseñados para el sistema, tales como techos inclinados, tragaluces, parasoles.²⁸

²⁸ Ver otras fotografías de la aplicación en **Anexo 8**.

PRODUCCION DEL SISTEMA

Con respecto a la producción del sistema, es necesario conocer la producción de los distintos componentes del sistema y sus procesos y a su vez los procesos para la construcción y montaje del mismo en sitio. Como se describió anteriormente, el sistema esta compuesto:

1. Columna, basado en tubulares metálicos con costura.
2. Vigas a base de ángulos y barras, lisas o estriadas, conformadas como cerchas en talleres metalmecánicos.
3. Losa que se constituye de láminas metálicas estriadas con concreto vaciado.
4. Arriostramientos a lo largo de las aplicaciones, se basan en el uso de barras lisas con detalles confeccionados en tubular metálico, tuercas, pernos, entre otros.
5. Escaleras son a base de chapas y perfiles metálicos conformados en taller

TABLA 1. Cuadro Resumen Componentes - Producto - Industrias

COMPONENTE	PRODUCTO QUE LO CONSTITUYE	INDUSTRIA PRODUCTORA	FORMA DE PRODUCCIÓN
Columna	Tubular cuadrado	UNICON	INDUSTRIAL
	Chapa metálica	SIDOR	INDUSTRIAL
	Pernos - Tuercas	TORVENCA	INDUSTRIAL
Viga	Angular	SIDETUR	INDUSTRIAL
	Barra lisa o estriada	SIDETUR	INDUSTRIAL
Losa	Lamina metálica galvanizada estriada.	LAMIGAL	INDUSTRIAL
Escalera	Tubular rectangular o cuadrado	UNICON	INDUSTRIAL
	Perfil IPN	PROPERCA	INDUSTRIAL
	Chapa metálica	SIDOR	INDUSTRIAL
Arriostramiento	Barra lisa	SIDETUR	INDUSTRIAL
	Tubular	UNICON	INDUSTRIAL
	Pernos - Tuercas	TORVENCA	INDUSTRIAL

Basados en los componentes, productos y empresas representados en el Tabla 1, se realizó la investigación de procesos que son realizados para la producción industrial o semi-industrial de los productos, en la Siderúrgica del Orinoco, SIDOR; Siderúrgica del Turbio, SIDETUR (Hoy Siderúrgica Nacional); Tornillos Venezolanos TORVENCA; Industrias UNICON, Productos de Acero LAMIGAL²⁹, evidenciando que en todos los casos se trata de empresas con formas de producción industrial y de gran capacidad instalada en nuestro país, y que posteriormente, todos estos productos se dirigen en talleres metalmeccánicos de mediana capacidad a fin de realizar los ajustes, cortes, perforaciones o sumatoria de productos para consolidar los componentes del sistema. De allí que se agrupen los siguientes procesos:

1. Obtención de materias primas: Extracción, Tronadura, Perforación y Transporte.
2. Preparación de materias primas (Peletización³⁰): Selección y clasificación / Preparación del mineral (Trituración y aglomeración). Producción de cal. Producción de coque.
3. Reducción del Hierro: Aglomeración, Producción de Arrabio³¹ y cal a la acería.
4. Refinación del Arrabio: Acería -Fundición – Colada.
5. Laminación en caliente (Preformado con temperatura).
6. Producción de tubulares: Recepción de bobinas, limpieza, corte y electrosoldadura. Enfriado, corte, fletado, inspección, fondeado y transporte.
7. Producción de laminares: Galvanización, troquelado de láminas y transporte.
8. Producción de Vigas Joist: Angulares metálicos, barras, ensamblaje y transporte.
9. Transformación y Unión de Componentes en taller: Corte, Perforación, Soldadura y transporte.

²⁹ Ver fichas técnicas de productos en **Anexo 9**.

³⁰ Ver Glosario de términos.

³¹ Ver Glosario de términos.



Ilustración 20. Proceso de laminación y galvanizado. Fuente: Lamigal

Posteriormente se listan y describen los procesos para el montaje y ejecución en sitio del sistema, así como uso y mantenimiento de la estructura del sistema como edificación, determinando las siguientes etapas³²:

1. **Ejecución de las obras de infraestructura** de acuerdo a las características del proyecto y del terreno. Normalmente constituidas por una losa flotante por lo liviano del sistema. En esta fase se tiene especial cuidado con la colocación de anclajes.
2. **Colocación de las columnas de planta baja**, que llegan a la obra listas con todos los detalles de unión.
3. **Colocación de las cerchas del primer piso**, que llegan a la obra listas con todos los detalles de unión.
4. **Colocación del encofrado metálico, lámina de borde y vaciado del concreto** para la losa del primer piso. En este caso el Siema, no utiliza correas de apoyo por lo que hay que apuntalar al momento de vaciar la losa.
5. Colocación de cerchas del segundo piso.
6. Colocación de las columnas del tercer piso.
7. **Colocación del encofrado metálico, lámina de borde y vaciado del concreto** para la losa del segundo piso. Las losas funcionan como un diafragma horizontal rigidizador.
8. Colocación de la losa de techo o cubierta.
9. Colocación de las arriostres para la rigidización de la edificación a las fuerzas horizontales.
10. Colocación de Cerramientos, acabados: Aplicación de fondos y pinturas.

³² Tomado de <http://www.siema.com.ve/>

11. Uso y Mantenimiento: Aplicación de fondos y pinturas (15 años luego de su instalación).
12. **Desmontaje y Reciclaje:** Al final de su vida útil, se procede a través de procesos de re inserción de algunos componentes en el proceso de acería como chatarra, limpieza y bote como escombros, que pueden ser reutilizados como agregados de segunda.



Ilustración 21. Aplicación del Siema en Caicara de Maturín. Fuente: Línea de investigación.

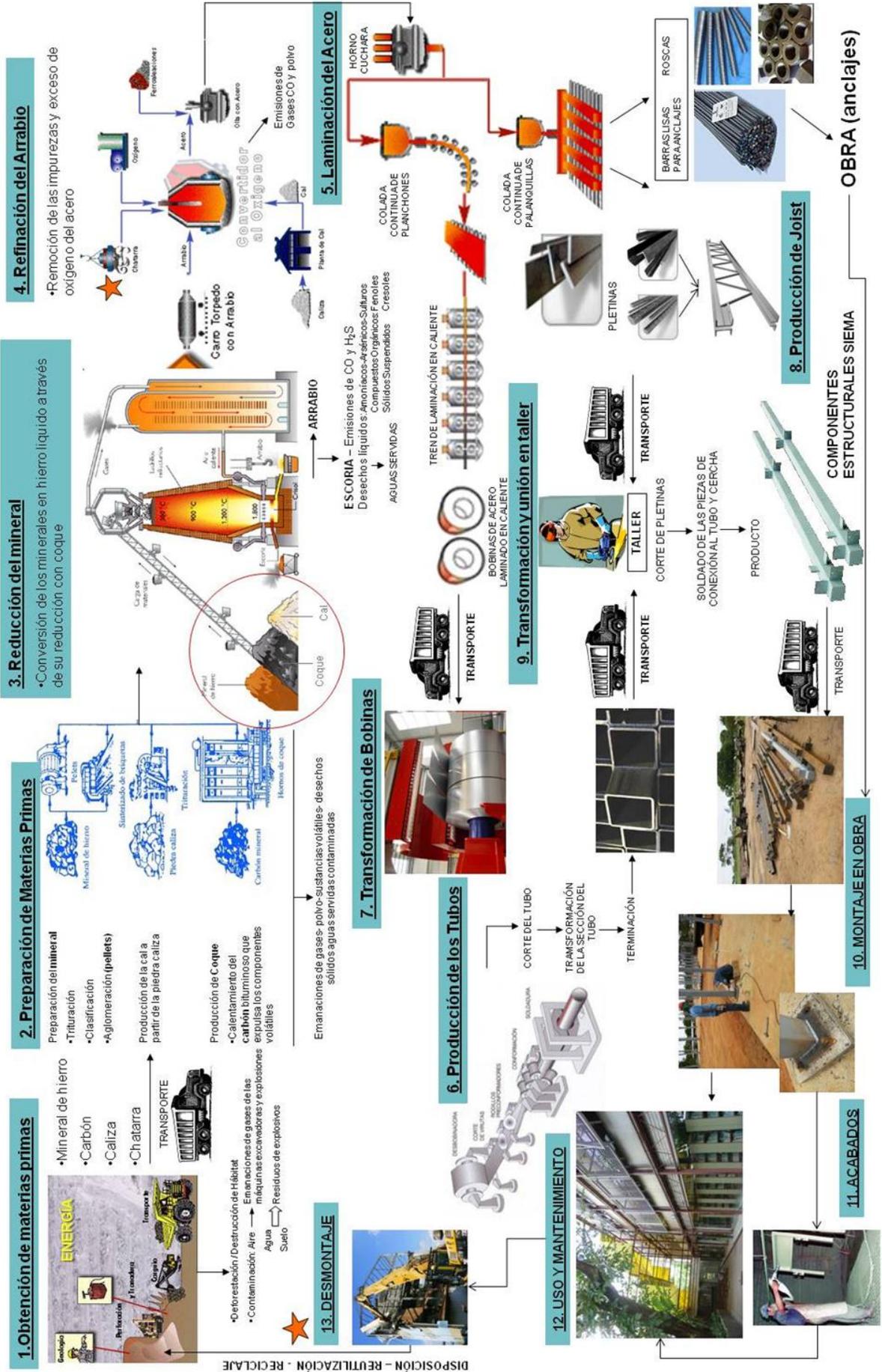
Teniendo en cuenta estos procesos y subprocesos, se elaboró un esquema resumen³³ de la ruta de producción de las distintas fases, a los fines de recaudar datos para la realización del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) como metodología seleccionada para el análisis de impactos al ambiente.

Con lo anteriormente expuesto, podemos concluir en este capítulo que el Sistema de Estructura Metálica Apernada, Siema, constituye un sistema con importantes características desde el punto de vista tecnológico, por las especificaciones de sus componentes, su forma y tiempo de producción tanto en taller como en obra, facilidad en el montaje, coordinación modular y compatibilidad con otras tecnologías, adaptándose a través del tiempo a los nuevos productos de la industria de la construcción (Ejemplo: utilización actual del componente Joist), versatilidad en el diseño que se evidencia en sus distintas aplicaciones, reflejando en cada una la adaptabilidad a cerramientos, formas y configuraciones en planta, sin perder la propiedad de mostrar el sistema como parte fundamental de la edificación, lo que conlleva a sistemas de iluminación y ventilación

³³ Ver esquema en página siguiente.

natural, así como la colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias de forma externa, a la vista del usuario, lo que facilita labores de mantenimiento y limpieza. Ahora bien, en el siguiente capítulo pasaremos a analizar la producción “aguas arriba”³⁴ de cada componente, a los fines de evaluar aspectos positivos y negativos de estos procesos y así obtener una imagen general desde el punto de vista sustentable de este sistema, la cual será recogida en el denominado Ciclo de Vida del mismo.

³⁴ Expresión asociada a productos y procesos al comienzo del proceso industrial y al final del mismo. O bien al proceso/producto justo anterior y justo posterior al que en ese momento se trate. Con un ejemplo: Si un proceso industrial tuviera los pasos/procesos 1-2-3-4-5-6, el 1 sería aguas arriba y el 6 abajo. Pero si estuviésemos en el paso 4, también podría ser aguas arriba el 3 y abajo el 5. En <http://forum.wordreference.com/>



CAPITULO III: Análisis de procesos, Impactos ambientales generados y medidas.

ANALISIS DEL CICLO DE VIDA DEL SIEMA.

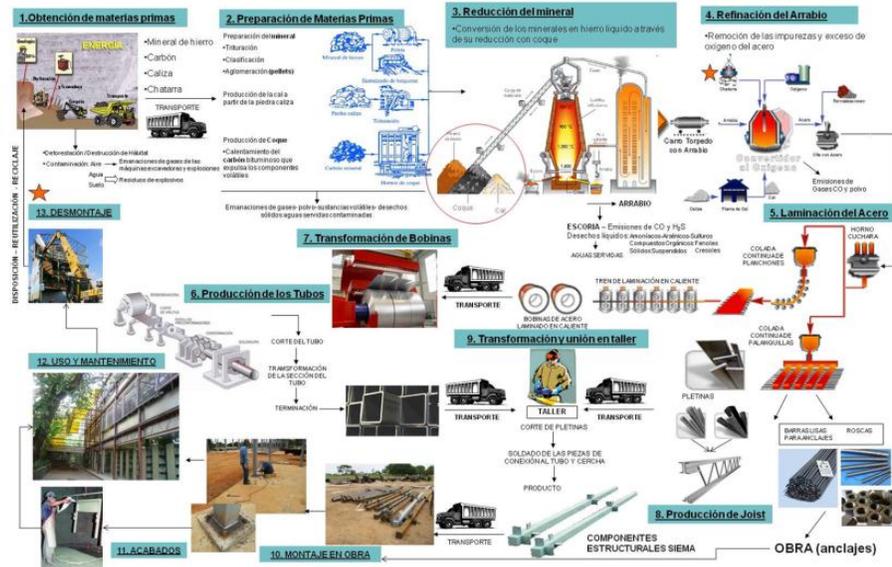


Ilustración 22. Esquema resumen de procesos asociados a la producción del SIEMA.

El capítulo anterior permitió precisar los productos, empresas, procesos y subprocesos involucrados en el uso del Sistema SIEMA, los mismos, principalmente de naturaleza industrial, lo que de entrada se traduce en importantes emisiones de gases, contaminación del agua y otros vertidos al ambiente, los cuales analizaremos y evaluaremos en las próximas líneas. Para ello, se ha agrupado la totalidad de estos en trece grandes procesos, denominados de la siguiente manera:

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

1. OBTENCION DE MATERIAS PRIMAS, referido a la extracción y obtención de mineral de hierro, coque, agregados, entre otros minelares.
2. PREPARACIÓN DE MATERIAS PRIMAS, trituración y selección de material a utilizar.
3. REDUCCIÓN DEL HIERRO, proceso de acería propio de las siderúrgicas.

4. REFINACIÓN DEL ARRABIO³⁵, proceso de acería propio de las siderúrgicas.
5. LAMINACIÓN, proceso que se realiza a fin de obtener del planchón producto inicial para la elaboración de las bobinas de acero negro.
6. PRODUCCION DE TUBULARES, proceso que se realiza a partir de la obtención de bobinas de acero negro, mediante procesos de aplastamiento con temperatura, corte y costura del material, para su posterior conformación como tubo, en este caso de sección, cuadrada.
7. PRODUCCION DE LAMINARES, (principalmente sofito metálico) proceso que se realiza a partir de la obtención de las bobinas como producto de salida de la siderúrgica para la elaboración de la lámina de acero de pequeños espesores, para su posterior galvanización³⁶.
8. PRODUCCIÓN DE VIGAS JOIST 1, se trata de la consolidación con plantillas en la planta de forma industrial con productos previamente obtenidos como barras y angulares del componente de cercha.
9. TRANSFORMACIÓN Y UNION DE COMPONENTES EN TALLER (principalmente columnas) se trata de los procesos que se realizan en el taller, con la llegada al mismo, del tubular de acero o planchas de acero, en las cuales se realizan los cortes, perforaciones, soldado de piezas a la columna para su funcionamiento como componente del sistema.
10. MONTAJE EN SITIO, se refiere a los procesos, una vez concluidos los trabajos de infraestructura (terrenos, excavaciones y fundaciones) de izamiento y armado de columnas, vigas, arriostramientos y losas en el sitio de la edificación. Todos con la utilización de una pequeña pluma que se ubica en obra, lo que constituye un gasto energético mínimo.

³⁵ Ver Glosario de términos.

³⁶ El zinc se funde a 419 °C, y para galvanizar el acero éste se sumerge en un baño de zinc metálico fundido que se encuentra a 445-450 °C. A esta temperatura, el acero y el zinc muestra gran afinidad y, por difusión, forman aleaciones Fe-Zn. El producto final es un acero protegido por un revestimiento de zinc. En <http://www.lamigal.com/galvanizado-caliente/acero-galvanizado.html>

11. CERRAMIENTOS Y ACABADOS, colocación de componentes de cerramientos, como se menciona anteriormente, acepta cerramientos y acabados diversos como, bloques, componentes prefabricados de pared, fibrocemento, componentes de ventanas, romanillas, entre otros, así como la aplicación de revestimientos y pinturas.
12. USO Y MANTENIMIENTO, se refiere a los procesos ya en uso la edificación, la remoción y repintaje de la estructura (incluido el fondo anticorrosivo), a menos que se aplique un galvanizado³⁷ de las piezas antes de su montaje. Según las aplicaciones realizadas hasta la fecha no se demuestra la utilización de este proceso de protección a la estructura.
13. DESMONTAJE, se refiere a la ruta final de los componentes del sistema al final de su vida útil, considera, el desarmado del sistema, y dos vías de trabajo, la reutilización o remanufactura³⁸, la reubicación en otra edificación o estructura de algunos componentes de la edificación (Ejemplo, las vigas para la conformación de un galpón semi-industrial) y el reciclaje, re inserción de los componentes en el proceso de acería dentro del porcentaje de chatarra considerado.

En cuanto a este proceso, se ha considerado en los últimos años que la reutilización de algunos componentes principalmente estructurales, en el caso de componentes como barras para diagonales de arriostramiento, sofito metálico, láminas de techo, entre otros, se considera que la mejor opción para un destino que permita cumplir con la premisa de la “cuna a la cuna”, es activar su re inserción en los procesos de acería.

Para el proceso de desmontaje, se procede de acuerdo a la naturaleza de la edificación, estructuras ligeras en primera fase, y posteriormente estructuras pesadas sin comprometer la estabilidad del conjunto estructural, iniciando desde los niveles superiores, luego de desmontar o desmantelar los cerramientos y las

³⁷ Ver Glosario de términos.

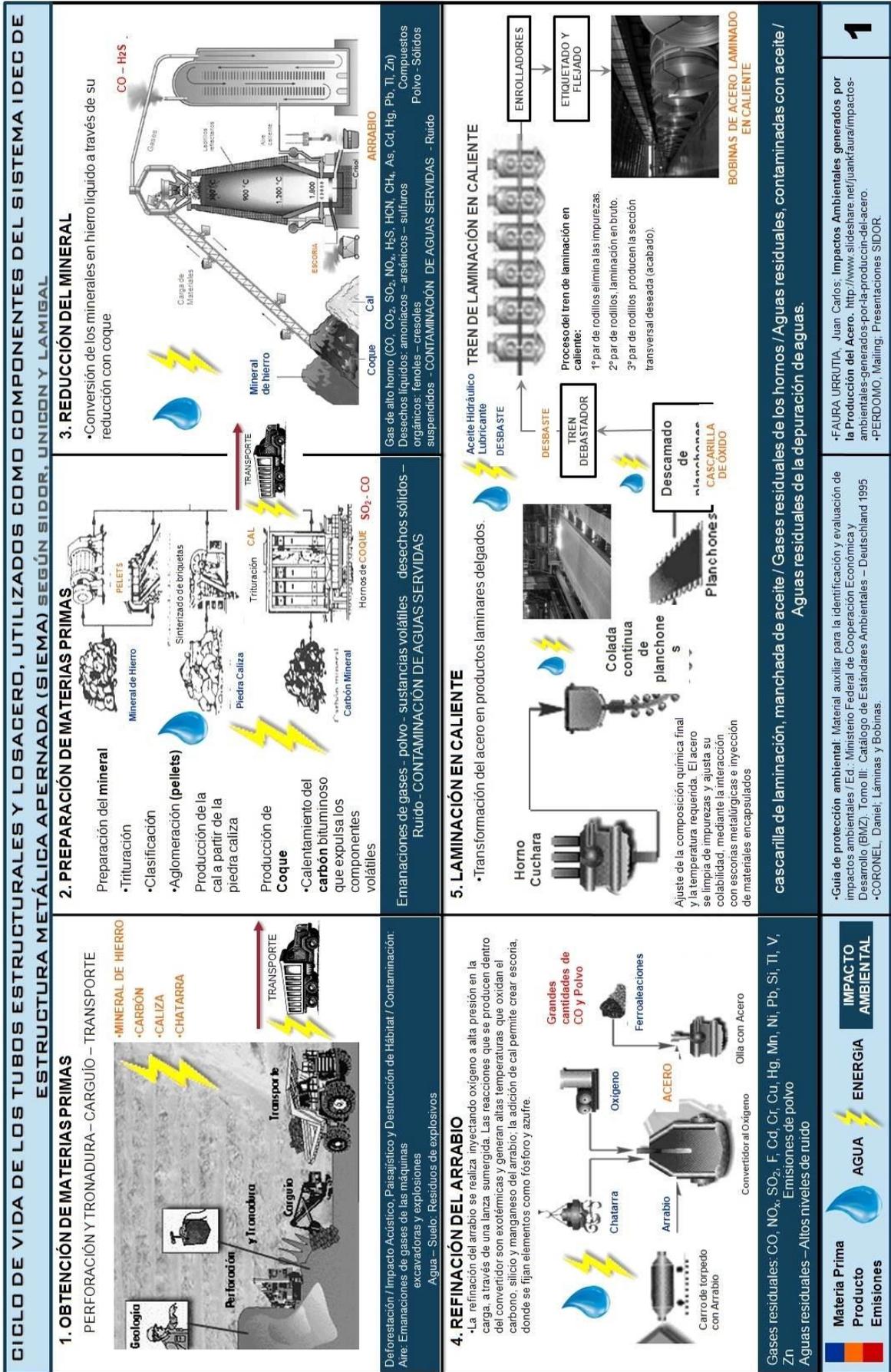
³⁸ Ver Glosario de términos.

instalaciones que se encuentren adosadas a la estructura principal, desenroscando pernos de arriba hacia abajo y levantando con una pluma cada componente por nivel, garantizando el orden en el apilamiento y organización de los componentes desmontados para su traslado al nuevo lugar de instalación.³⁹

Con estos procesos claramente identificados, se realizó un cuadro general que recoge el Análisis del Ciclo de Vida, contenido en Cuadros ACV de procesos⁴⁰, de allí que se determinará que en todo los procesos industriales, se evidencian impactos ambientales, que afectan la calidad del agua, aire y suelo, entre ellos, deforestación, destrucción del hábitat, altos niveles de ruido producidos por explosiones y tronaduras de material, y funcionamiento de maquinaria, emanaciones de gases, polvo y sustancias volátiles, entre los que resaltan: Monóxido de carbono (CO), Bióxido de Carbono (CO₂), Dióxido de azufre (SO₂), Óxidos de nitrógeno (NOX), Sulfuro de hidrógeno (H₂S), Cianuro de hidrógeno (HCN), Metano (CH₄), Arsénico (As), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Talio (Tl), Zinc (Zn) y otros residuos por explosivos, vertido de aceites y sustancias toxicas (dañinas para seres vivos) en cuerpos de agua o a los suelos, que aguas abajo percolan en cuerpos de agua cercanos, entre los líquidos vertidos resaltan: amoníacos, arsénicos, sulfuros y compuestos orgánicos como fenoles y cresoles. Además de lo anterior en todas las fases descritas se evidencia el consumo de recursos hídricos y energéticos, desde la extracción hasta el ensamblaje de la edificación o en posible reciclaje de la edificación reinsertándose en el proceso de acería como chatarra.

³⁹ Ver en Anexo 12, Caso de achatarramiento y demolición de la fábrica de cemento de Torredonjimeno, Jaén, España.

⁴⁰ Ver Detalle de análisis en láminas siguientes.



Materia Prima
Producto
Emissiones

AGUA
ENERGIA
IMPACTO AMBIENTAL

Gases residuales: CO, NO_x, SO₂, F, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Ti, V, Zn
Aguas residuales – Altos niveles de ruido

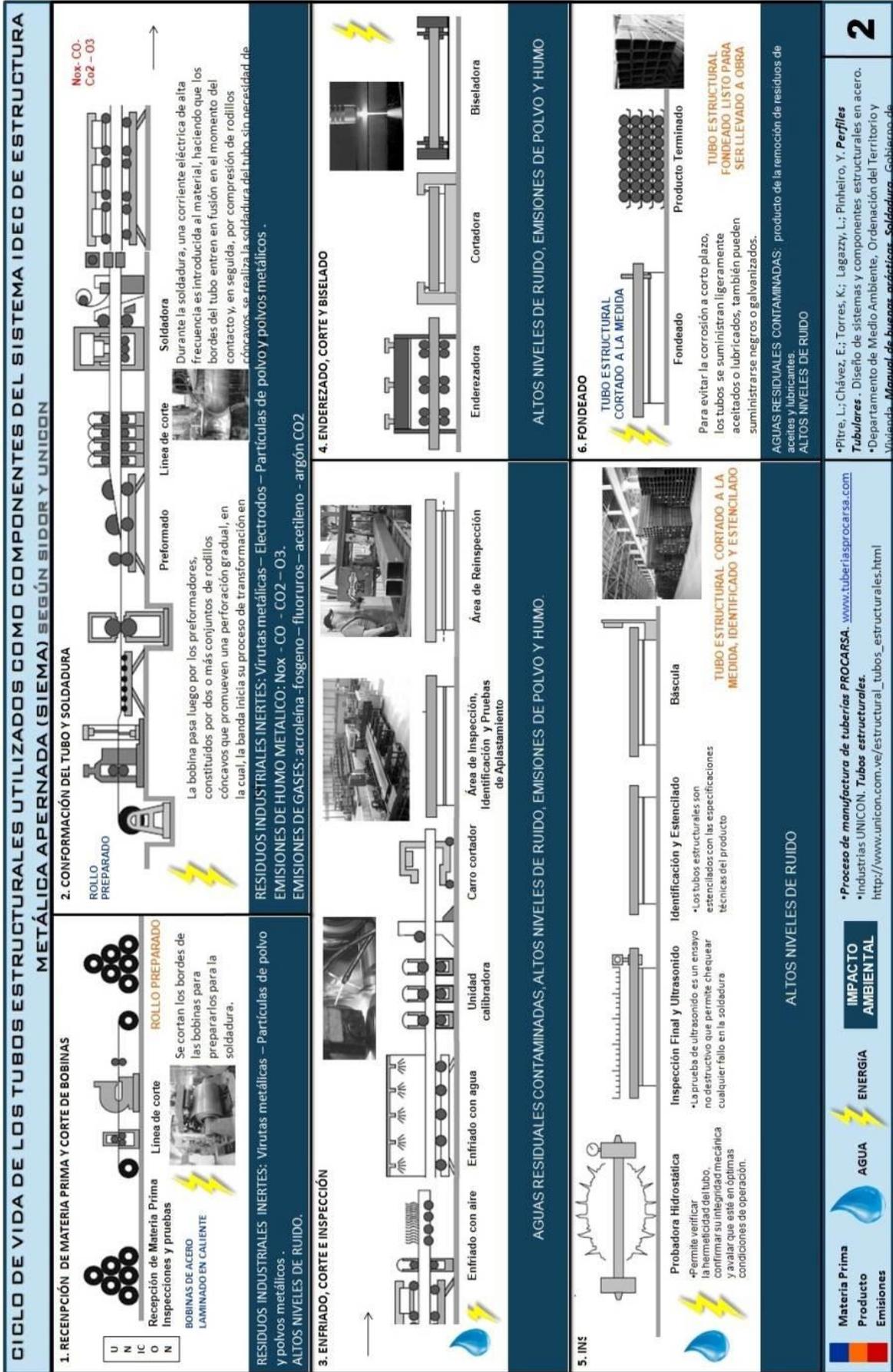
cascajilla de laminación, manchada de aceite / Gases residuales de los hornos / Aguas residuales, contaminadas con aceite / Aguas residuales de la depuración de aguas.

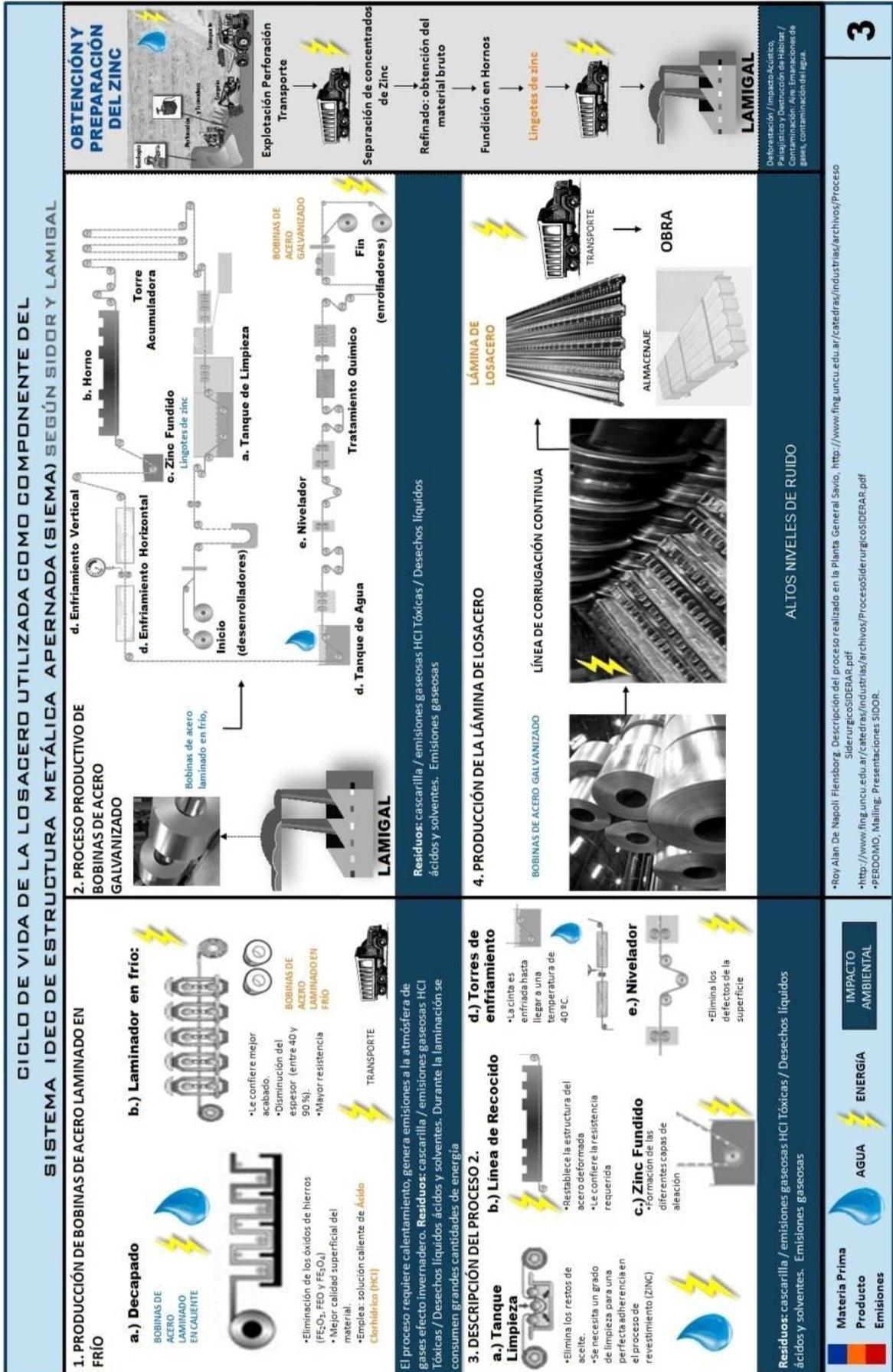
1

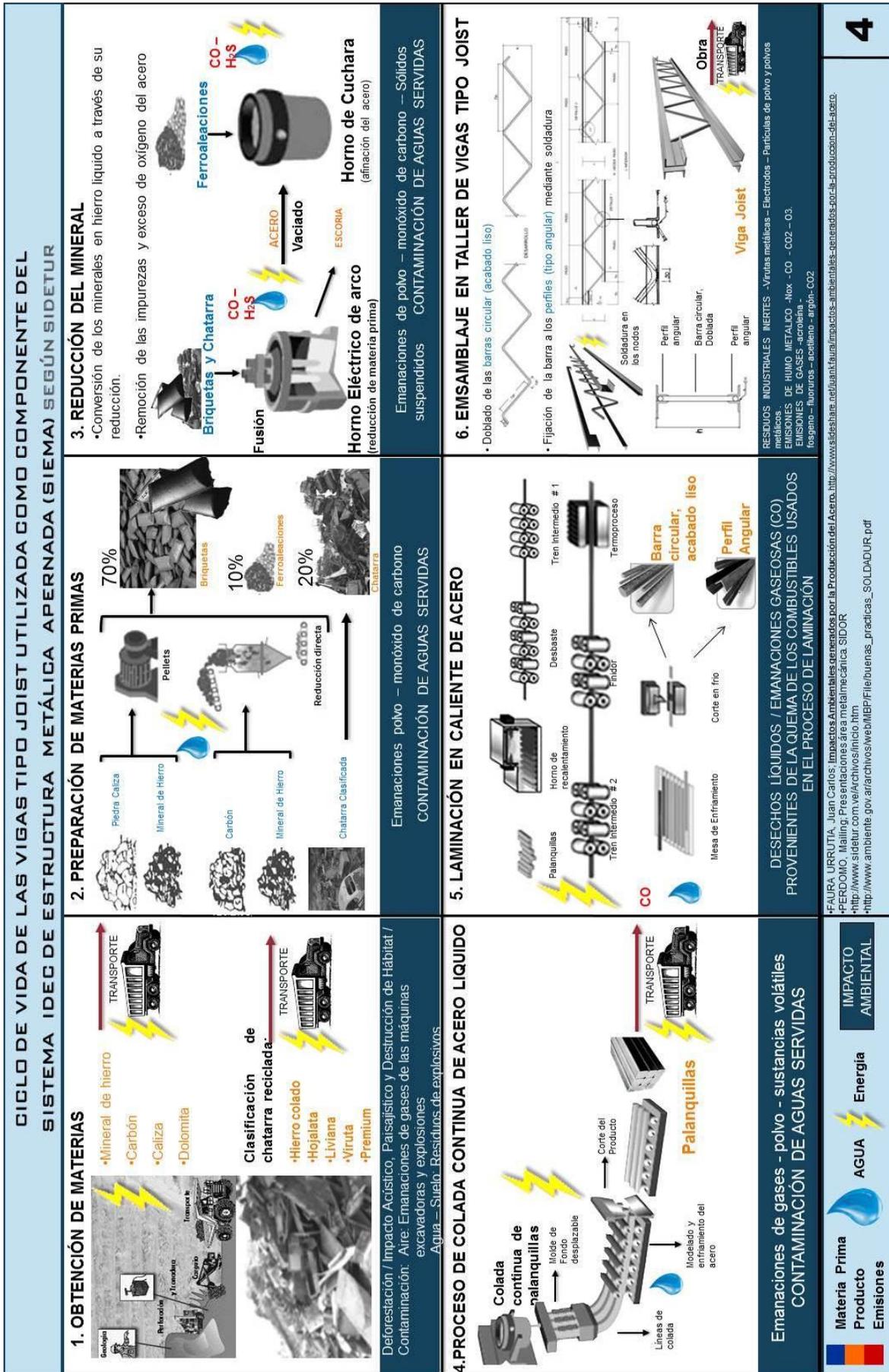
•FAURA URRUTIA, Juan Carlos: **Impactos Ambientales generados por la Producción del Acero**, <http://www.slideshare.net/juanfaura/impactos-ambientales-generados-por-la-produccion-del-acero>.
•PERDOMO, Maiting: Presentaciones SIDOR.

•Guía de protección ambiental: Material auxiliar para la identificación y evaluación de impactos ambientales (Ed.: Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), Tomo III: Catálogo de Estándares Ambientales – Deutschland 1995
•CORONEL, Daniel: Láminas y Bobinas

•FAURA URRUTIA, Juan Carlos: **Impactos Ambientales generados por la Producción del Acero**, <http://www.slideshare.net/juanfaura/impactos-ambientales-generados-por-la-produccion-del-acero>.
•PERDOMO, Maiting: Presentaciones SIDOR.







CICLO DE VIDA DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA IDEC DE ESTRUCTURA METALICA APERNADA (TUBO – LOSADERO – VIGAS TIPO JOIST)

1. MONTAJE EN OBRA



2. ENSAMBLAJE - UNIONES



Uniones



Ensamblaje



Tubos producidos por SIDOR y UNICON



Vigas tipo joist - producido por SIDETUR



Losacero producido por SIDOR y LAMIGAL



Uniones



Ensamblaje



3. APLICACIONES



RESIDUOS INDUSTRIALES: INERTES - Virutas metálicas - Electrodo - Partículas de polvo y polvos metálicos.
EMISIONES DE HUMO METALICO: Nox - CO - CO2 - O3.
EMISIONES DE GASES: acroleina - fregeno - fluorocoro - acetileno - argón - CO2

INSTITUTO DE INGENIERIA
(1979 - 1982)

ESCUELA EXPERIMENTAL, GUARENAS
(1983 - 1984)

BANCO DEL LIBRO
(1990 - 1991)

INSTITUTO DE INGENIERIA
(1990 - 1991)

EDIF. DE RECURSOS HUMANOS DE CSOC (ANTIGUA SEDE PROCTER & GAMBLE)
Consumo Eléctrico: 300.420 VA (Valor aproximado)
Consumo Hídrico: 21.000 Lt/d (Valor aproximado)
Climatización Mixta (Natural/Artificial)

SEDE UCV CAICARA
(2008-2009)

EDIF. DE RECURSOS HUMANOS DE CSORINTIGUA SEDE CORIMÓN (ANTIGUA SEDE PROCTER & GAMBLE) (1991 - 1993)

EDIF. DE RECURSOS HUMANOS DE CSORINTIGUA SEDE CORIMÓN
(1990 - 1991)

INSTITUTO DE INGENIERIA
(1990 - 1991)

BANCO DEL LIBRO
(1983 - 1984)

ESCUELA EXPERIMENTAL, GUARENAS
(1979 - 1982)

Uniones



Ensamblaje



INSTITUTO DE INGENIERIA
Consumo Eléctrico: 300.420 VA (Valor aproximado)
Consumo Hídrico: 21.000 Lt/d (Valor aproximado)
Climatización Mixta (Natural/Artificial)

EDIF. DE RECURSOS HUMANOS DE CSOC (ANTIGUA SEDE PROCTER & GAMBLE)
Consumo Eléctrico: 443.800 VA (Valor aproximado)
Consumo Hídrico: 7.680 Lt/d (Valor aproximado)
Climatización Artificial

AGUA



ENERGÍA

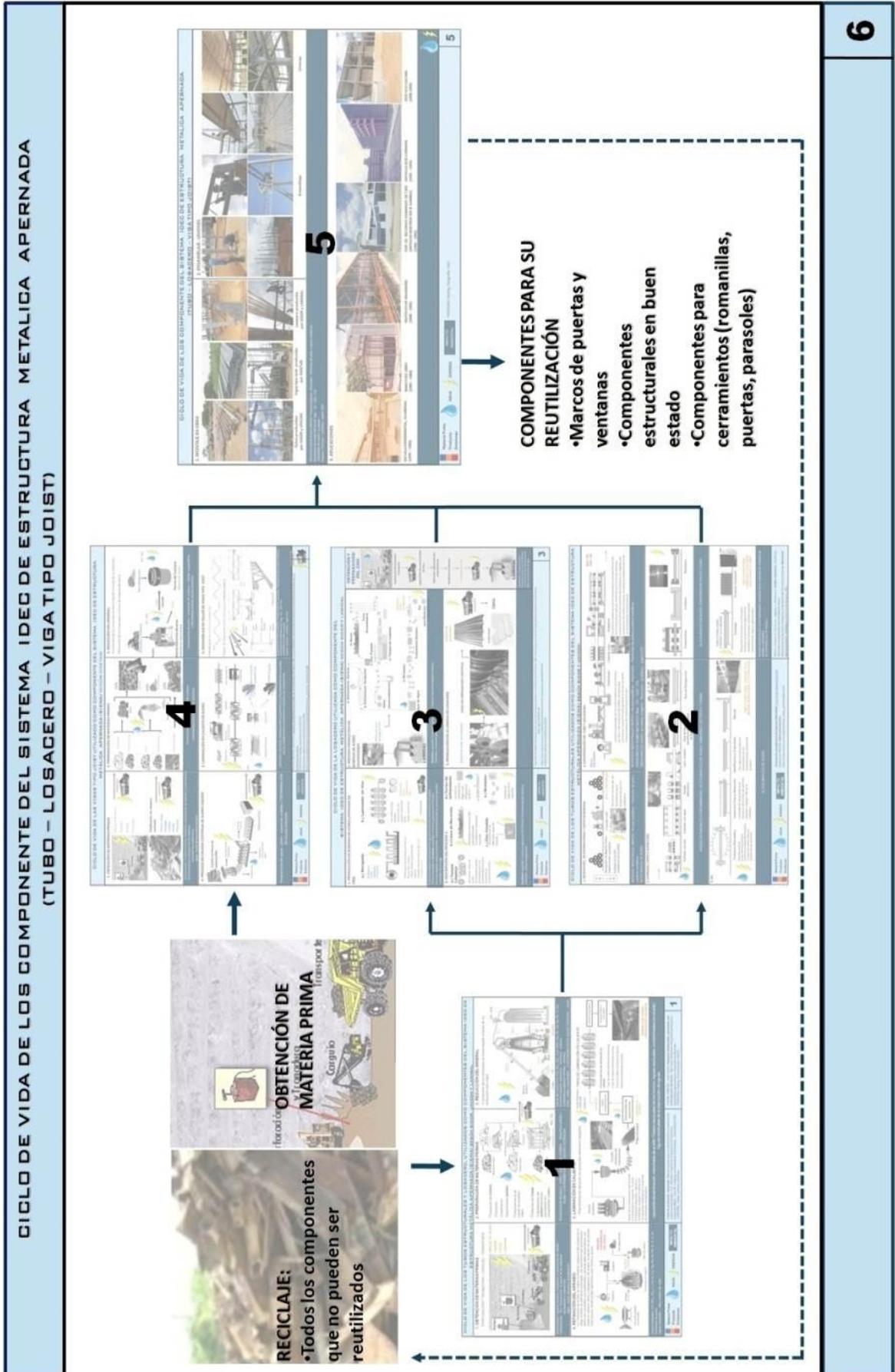


IMPACTO AMBIENTAL



•PERDOMO, Melling - Fotografía, IDEC

5



Teniendo claro los procesos y fases de producción analizadas en el Ciclo de Vida del Siema, se produjo un cuadro que constituye el producto clave de este análisis. En el mismo se ordenan los procesos, productos, recursos requeridos, impactos, medidas de mitigación que pueden aplicarse y medidas de prevención. En el mismo, puede demostrarse cuales fases y/o procesos productivos son los responsables del mayor número de impactos al ambiente. Es lo que denominados **Cuadro de impactos del Ciclo de vida de los componentes que conforman el Siema**.

En las siguientes láminas se desglosa dicho cuadro como matriz de fases y procesos⁴¹, que expresan impactos por contaminación del aire, agua, sónica, suelos, a la salud de seres humanos, al paisaje y la biodiversidad. Con respecto a las medidas de prevención, remediación y mitigación, destacan: auditorías ambientales, estudios de impacto ambiental, tecnologías para el control y captación de polvo por humedad, filtros para contención de gases, uso de fuentes de energía alternativa y renovables, unificación o concentración de procesos, uso de combustibles ecológicos con biodiesel o bioetanol, reúso de los desechos sólidos, tratamiento de aguas servidas, entre otros.

En la misma se demuestra que la fase 1, en sus procesos, 1) obtención de materias primas y 1.1) transporte de materia prima, son los que representan el mayor impacto en el mayor número de elementos del medio ambiente (agua, aire, suelos, seres vivos, sonido, entre otros). Es de hacer notar, que es recurrente el impacto por el transporte o movilización por vía terrestre o marítima de materia prima, insumos, materiales y componentes, lo que constituye un punto de atención al momento de implementar una política pública que ataque dichos impactos al ambiente.

⁴¹ Ver Detalle de Impactos y medidas para remediación, mitigación y prevención.

Cuadro Resumen Ciclo de Vida de Estructuras Metálicas (Sistema SIEMA)

Fases	Procesos	Productos	Recursos Req.	Impactos	Mitigación	Prevención
1	<p>OBTENCIÓN DE MATERIAS PRIMAS</p> <p>Extracción Tronadura Perforación</p>	<p>Materia prima (hierro, piedra caliza, coque)</p>	<p>Energía (Gasolina, electricidad) TNT - Explosivos</p>	<p>Contaminación del aire: (emisiones gases(CO₂,CO, SO₂, O₃, humos explosivos(NOx));emisiones gaseosas del mineral, polvo y radiación (Radón)) Contaminación sónica: ruido continuo e intermitente. Contaminación suelo: modificación de la calidad del suelo (residuos explosivos) Contaminación agua: a partir de efluentes por percolación de suelos (residuos explosivos, minerales), lluvias ácidas. Impacto salud: (enfermedad neuromusculares, cardiovasculares;<u>Gas.CO₂</u>; muerte por formación de carboxihemoglobina; <u>Gas.SO₂</u>; muerte por alta concentración;<u>Gas.N₂O</u>; daño celular, exacerbación asma, irritación y pérdida de mucosas, infecciones, edema pulmonar; <u>O₃</u>; cierre, irritación de vías respiratorias; Radón (cáncer pulmón) Impacto Pabaje y Biodiversidad: transformación suelo, deforestación, destrucción del hábitat, pérdida biodiversidad. Desechos sólidos.</p>	<p>Contaminación aire interior: ventilación (natural o mecánica o mixta), captación de los gases antes de salir al exterior con filtros, extracción gas.* Contaminación del agua: tratamiento de las aguas* Contaminación del suelo: tratamiento del suelo Salud: uso de mascarillas Pabaje: Plan de Reforestación en otras zonas Contaminación sónica: protección auditiva para empleados. *Uso optimo del explosivo</p>	<p>Estudios de impacto ambiental Auditorías ambientales Normativas reguladoras: elección del lugar, parámetros de emisiones de contaminantes y ruido al aire, de efluentes al agua, de contaminantes al suelo, cercanías a zonas urbanas. Salud: restricción horas trabajo, capacitación y adiestramiento de empleados; higiene(ducha y cambio de ropa, no fumar, comer y beber),programa de protección respiratoria Calidad aire: técnicas de control de polvo por vía humedad (perforaciones humedeciendo materiales de mina) y por vía evacuación en seco (equipos perforadores con captadores de polvo), monitoreo periódico de la calidad del aire Ruidos: uso de maquinaria silenciosa (Desarrollo tecnológico para minimizar ruidos) Pabaje: utilización menor área posible Alternativa de explosivo: Uso de H₂</p>
1.1	<p>Transporte de materia prima (Marítimo)</p>		<p>Barcos, Agua, Aceites, refrigerantes, lubricantes, combustibles</p>	<p>Pabaje y Biodiversidad: Intervención en los equilibrios naturales, pérdida de biodiversidad, eventual dragado de zonas poco profundas. Contaminación aire: gases CO₂ Contaminación sónica: ruido continuos e intermitentes. Contaminación del agua: Derrame, de sustancias peligrosas.</p>	<p>Pabaje y biodiversidad: utilización de transportes de menor impacto y reforestación de áreas aledañas. Contaminación aire: filtro en tubo de escape, uso de combustibles menos contaminantes. Contaminación del agua: Mantenimiento y seguridad de las instalaciones contenedoras de fluidos peligrosos, utilización de filtros y protectores de derrames.</p>	<p>Construcción de un ferrocarril, energía eléctrica de fuentes renovables</p>
2	<p>PREPARACIÓN DE MAT.PRIMAS</p> <p>Peletización: Selección y clasificación / Preparación del mineral (Trituración y aglomeración)</p>	<p>Pellets (Pellas) o bolas, impurezas(?)</p>	<p>Mineral, Energía, Agua, aglutinantes</p>	<p>Contaminación aire: polvo, gases, sustancias volátiles Contaminación agua: aglutinantes Contaminación suelo: desechos sólidos Impactos salud: respiratorio Contaminación sónica: ruido</p>	<p>Contaminación aire: filtros Contaminación agua: Tratamiento agua, Mascarillas Contaminación aire: filtros Contaminación del suelo: tratamiento del suelo Contaminación sónica: protección auditiva de empleados.</p>	<p>Materias primas: utilización óptima Salud: capacitación y adiestramiento de empleados. Energía y agua: programas de ahorro y uso eficiente de la energía (fuente renovable) y del agua, reúso de las aguas tratadas Calidad agua: sustitución de aglutinante Ruidos: uso de maquinaria silenciosa</p>
2.1	<p>PREPARACIÓN DE MAT.PRIMAS</p> <p>Producción de cal: Trituración</p>	<p>cal, partículas finas suspendidas</p>	<p>piedra caliza BENTONITA, energía</p>	<p>Contaminación aire: polvo</p>	<p>Salud: Mascarillas, Calidad aire: filtros</p>	<p>Energía programas de ahorro y uso eficiente de la energía (fuente renovable)</p>

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) constituye una metodología integral para la detección de impactos de los procesos productivos.
- Como se pudo observar, el ACV, como herramienta constituye el parámetro inicial antes de aplicar cualquier instrumento o programa informático de análisis de impacto y generación de bases de datos.
- Para realizar un análisis integral, sería apropiado realizar el análisis de otros ciclos de vida asociados a la tecnología como los asociados a procesos de producción de cerramientos.
- Este análisis permitió determinar la fase productiva que más atenta contra el ambiente en impactos y afectaciones, es la fase 1, constituida por los procesos de obtención de materias primas, por lo que las medidas a implementar deberán hacer mayor énfasis en las mencionadas etapas.
- Aunque el análisis de ciclo de vida realizado centro su atención en el sistema Siema, sirvió de análisis para un buen grupo de componentes de la industria metalmecánica del país, por lo que su aporte no es solo para los procesos inherentes al Siema.
- En nuestro país la empresa siderúrgica, metalúrgica y metalmecánica constituyen actividades productivas básicas por la abundancia del mineral de hierro, siendo el 3er. Elemento mas abundante en a tierra, con un 6% de presencia en el planeta.
- El acero es considerado un material “sostenible” desde el punto de vista constructivo por su capacidad de reciclaje (reinserción en los procesos siderúrgicos), sin embargo, en la producción de acero se evidencia una alta energía incorporada en su proceso (7.000 kWh/t).
- Se recomienda en los procesos siderúrgicos la utilización de hornos eléctricos, ya que sus emisiones y contaminación es infinitamente menor al uso de altos hornos.

- Se hace necesario aumentar e implementar políticas que permitan el reciclaje y reutilización del acero, considerando, la cantidad de energía y agua que se invierte en la producción de una tonelada de este producto.
- Es imprescindible la actualización y puesta en marcha de tecnologías en las siderúrgicas nacionales, con el fin de incorporar elementos simples que contribuyan de forma sencilla a la reducción de impactos, como los filtros en los mecanismos de escapes de gases, el tratamiento inmediato a cuerpos de agua o suelos, la reforestación de zonas verdes agredidas por el paso de maquinarias o extracción de materias primas, utilización de biocombustibles.
- La normativa legal vigente en el país garantiza la ejecución de controles y acciones de preventivas, mitigantes y de remediación sobre los impactos de la producción de componentes de acero al ambiente.
- Se hace necesario generar y aplicar políticas públicas para la incorporación de tecnologías limpias en las diversas fases del proceso asociadas al reconocimiento de una gerencia ambiental en la construcción. Así mismo se hace necesario priorizar el tema de la obtención y manejo de recursos naturales tendiendo a la minimización en la extracción de los mismos.
- El análisis de las aplicaciones del SIEMA, permitió evaluar la evolución del sistema en cuanto a la modificación de los distintos componentes en cada edificación, así mismo, organizar y actualizar la información en archivos digitales del primer sistema industrializado transferido a través de un convenio CONICIT – IDEC – CLASP, por lo que constituye un aporte a la línea de investigación en acero.
- El análisis de ciclo de vida del SIEMA, aunque en fases iniciales produce impactos de forma contundente en el ambiente, en fases posteriores como la adecuación de estructuras en taller y montaje en obra, así como, en el uso la edificación y posterior desmontaje y reutilización o reciclaje, disminuyen ostensiblemente, evidenciándose la fase en la que se deberán realizar mayores esfuerzos desde el punto de vista tecnológico para la disminución de los mismos.

- Como se evidenció en las ventajas del SIEMA, la coordinación modular del mismo, su concepción como sistema industrial, permiten la reducción de residuos a pie de obra, controlando únicamente la disposición de los desechos metálicos por corte y ajuste en taller.
- Se recomienda la utilización e instalación de pequeños talleres metalmecánicos a pie de obra, los cuales permiten la reducción en el uso de transporte y concentran las actividades en el proceso de ensamblaje.
- Se recomienda el uso de estructuras previamente galvanizadas a los fines de reducir los impactos en la fase de uso y mantenimiento.
- Se recomienda continuar la línea de investigación del presente trabajo, realizando una auditoría ambiental basados en una siderúrgica, empresa de producción de componentes metálicos específica y un componente preciso del sistema, aplicándoles un software computarizados para medir y cuantificar los impactos y su remediación, así como obtener indicadores. Ejemplo: Ecoquantum.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Kempf, H.** (2007). *“Como los ricos destruyen el planeta”*. 1era. Ed. Buenos Aires. Libros del Zorzal. Pág. 11.
2. **Arruti, A. M.** (2009) “La siderurgia ante el medio ambiente”. Revista América Económica. Año X. Madrid. En <http://www.americaeconomica.com/portada/opiniones/septiembre09/040909/arruti040909.html>
3. **Informe de Brundtland.** (consultado 03/02/2012) Disponible en: <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I>
4. **Informe Nuestro futuro común.** (consultado 03/02/2012) Disponible en: <http://www.cambioclimatico.andi.org.br/node/91>
5. **Ramírez, A.** (2008). “La construcción sostenible”. Revista Física y Sociedad. Nro. 13. Pág. 30.
6. **Sola, B., Vicedo, J., Langa, M.** (2005) “Análisis de viabilidad de la aplicación de criterios de sostenibilidad en la construcción de edificios”. IX Congreso de Ingeniería de Organización. Gijón.
7. **Villalba, A.** (2006) *“Auditoria medioambiental”*. Programa de la asignatura: Política medioambiental y empresa. Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Valencia. En: <http://www.uv.es/villalba/politicamed/Tema%2007%20%28auditoria%20medioambiental%29.pdf>
8. **Chavéz, A.** (2009) *“Procedimientos para realizar una auditoría ambiental en las industrias”*. Apuntes Escuela de Químico Fármaco-biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo de Morelia, Michoacán. México. En: http://www.utchvirtual.net/recursos_didacticos/documentos/ecologia/procedimientos.pdf

9. **Llatas, C., García, A., Roveri, A., y Huete, R.** (2010) "Una aproximación a la evaluación de la eco-eficiencia en edificios. Herramientas Basicas". Ponencia Congreso Internacional Sustainable Building 2010. Madrid. En: <http://www.sb10mad.com/ponencias/archivos/c/C024.pdf>
10. **Edwards, B.** (2005). "*Guía Básica de la sostenibilidad*". Gustavo Gilli. 2da. Edición. Pags. 112-117.
11. **Iglesias, D.** (2005). "Relevamiento exploratorio del análisis del ciclo de vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario". En Contribuciones a la Economía. ISSN 1696-8360. Universidad de Málaga. http://www.eco-innovation.eu/index.php?option=com_glossary&letter=P&id=25&Itemid=126
12. **Lladosa, M.,** "*Etiquetado ecológico y Compra verde*". Curso CTL 65239. Aidico, Instituto tecnológico de la Construcción. IMPIVA. Generalitat Valenciana. España. Pág. 24 y 27.
13. **González, A; Maggi G.** (2003). "*El acero en la construcción de viviendas de bajo costo y su protección*". En Tecnología y construcción 19-III, p. 71- 75.
14. **Siema.** (consultado 04/10/2011) Disponible en: <http://www.siema.com.ve/>
15. **Acosta, D.** (2009). "*Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias*". Revista Dearq, Nro. 4. Sostenibilidad y medio ambiente. Pp. 14-23. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Asociación Venezolana de Galvanizadores, AVGAL. (2004) "Ciclo de conferencias V Simposio el Acero en la construcción". Maracaibo. Venezuela.
2. Acosta, D. (2002). "Arquitectura y construcción sostenibles: propuestas y experiencias profesionales y académicas". Trabajo de ascenso. IDEC- FAU- UCV. Caracas.
3. Acosta, D. (2003). "Hacia una arquitectura y una construcción sostenibles: el proyecto para el Edificio sede de SINCOR (Barcelona, estado Anzoátegui)". En Tecnología y Construcción, 19-II. IDEC-UCV. Caracas. p. 9- 22.
4. Acosta, D. (2009). "Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias". Revista Dearq, Nro. 4. Sostenibilidad y medio ambiente. Pp. 14-23. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
5. Arroyave Rojas, J. y Garcés Giraldo, L. (2006) "Tecnologías ambientalmente sostenibles". Revista Producción + Limpia. Julio – Diciembre 2006, Vol. 1, Nro. 2.
6. Arruti, A. M. (2004) "El problema de Kioto". Revista América Económica. Madrid.
7. Arruti, A. M. (2009) "La siderurgia ante el medio ambiente". Revista América Económica. Año X. Madrid.
8. Arruti, A. M. (2012) "Graves peligros para la industria siderúrgica". Revista Ciencia y Razón. Año XV. Madrid.
9. Arruti, A. M. (2008) "La industria siderúrgica y el desarrollo sostenible". Revista América Económica. Año X. Madrid.
10. Chavéz, A. (2009) "Procedimientos para realizar una auditoría ambiental en las industrias". Apuntes Escuela de Químico Fármaco-biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo de Morelia, Michoacán. México.
11. Ciclo de Conferencias Curso de la Cátedra Holcim de Construcción Sostenible.
12. Cilento S., A. (1999) "Cambio de paradigma del hábitat". UCV. CDCH. IDEC. Caracas. Colección estudios.

13. Clemente, A.; Souza, A.; Galván, L. y R. Reyes. 2005. Estrategias empresariales para la conservación ambiental en el Sector Industrial. Universidad, Ciencia y Tecnología, (UCT) 9(33): 3-9.
14. Comisión Nacional del Agua. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. México. Julio, 1991.
15. De la Rosa, R. (2001.) "La Revolución ecológica, la búsqueda de la libertad a través de la ecología y la solidaridad". Icaria Editorial. Barcelona.
16. Edwards, B. (2005). "Guía Básica de la sostenibilidad". Gustavo Gilli. 2da. Edición.
17. Gabaldón, A.J. (2006). La salida de América Latina. Cap. 2. Grijalbo, Caracas.
18. Galván, L.; Reyes, R.; Guédez, C.; y de Armas, D. 2007. Los macroprocesos de la industria petrolera y sus consecuencias ambientales. Universidad, Ciencia y Tecnología (UCT). 11(43): 91-97.
19. González, A; Maggi G. (2003). "El acero en la construcción de viviendas de bajo costo y su protección". En Tecnología y construcción 19-III, p. 71- 75.
20. Iglesias, D. (2005). "Relevamiento exploratorio del análisis del ciclo de vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario". En Contribuciones a la Economía. ISSN 1696-8360. Universidad de Málaga.
21. Informe de Auditoría Ambiental. Woodward Clyde de México. Morelia, Michoacán. México. Junio, 1995.
22. Kempf, H. (2007). "Como los ricos destruyen el planeta". 1era. Ed. Buenos Aires. Libros del Zorzal.
23. LAMIGAL (2006) "Catálogo de productos". Caracas. Venezuela.
24. Leyes y Códigos de México, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 6ª edición. Porrúa. México. 1992.
25. Llatas, C., García, A., Roveri, A., y Huete, R. (2010) "Una aproximación a la evaluación de la eco-eficiencia en edificios. Herramientas Básicas". Ponencia Congreso Internacional Sustainable Building 2010. Madrid.

26. Maggi, G. (1992). "Catalogo de componentes Sistema SIEMA". IDEC-FAU-UCV. ISBN: 980-00-0579-X.
27. Maggi, G. (1985). "Sistemas estructurales para edificaciones educacionales". En Tecnología y Construcción, 1. IDEC-FAU-UCV. Caracas. p.9
28. Maggi, G. (1992). "Criterios para el desarrollo de una metodología de evaluación de sistemas constructivos". En Tecnología y Construcción, 1. IDEC-FAU-UCV. Caracas. p.91.
29. Naciones Unidas. (1998). "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático".
30. Naciones Unidas. (1992). "AGENDA 21, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo". Rio de Janeiro, Brasil.
31. Ramírez, A. (2008). "La construcción sostenible". Revista Física y Sociedad. Nro. 13. Pág. 30
32. Reyes, R.; Galván, L. y M. Aguiar. 2005. El precio de la contaminación como herramienta económica e instrumento de política ambiental. Interciencia 30(7): 436-441.
33. SIDETUR (2004) "Catálogo de productos y tablas de diseño". Caracas. Venezuela.
34. SIDOR (2008) Catálogo de componentes y fichas técnicas. Caracas. Venezuela.
35. Sola, B., Vicedo, J., Langa, M. (2005) "Análisis de viabilidad de la aplicación de criterios de sostenibilidad en la construcción de edificios". IX Congreso de Ingeniería de Organización. Gijón.
36. UNICON (2008) Catálogo de componentes y fichas técnicas. Caracas. Venezuela.
37. Venezuela. 1992. Ley Penal del Ambiente y Normas Técnicas. MARNR.
38. Venezuela. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. G.O. 5.453 del 24-03-2000.
39. Venezuela. Ley Orgánica del Ambiente. G.O. N. 5.833 del 22-12-2006.

40. Villalba, A. (2006) "Auditoria medioambiental". Programa de la asignatura: Política medioambiental y empresa. Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Valencia.

PÁGINAS WEBS CONSULTADAS:

- Criterios de sostenibilidad en la construcción de edificios. (consultado 15-05-2012): Disponible en: <http://io.us.es/cio2005/items/ponencias/111.pdf>
- Auditoria medioambiental. (consultado 02/02/2012) Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/69062630/AUDITORIA-AMBIENTAL>
http://www.utchvirtual.net/recursos_didacticos/documentos/ecologia/procedimientos.pdf
<http://www.uv.es/villalba/politicamed/Tema%2007%20%28auditoria%20medioambiental%29.pdf>
- Siema. (consultado 04/10/2011) Disponible en: <http://www.siema.com.ve/>
- Construcción sostenible. (consultado 02/02/2012) Disponible en:
- [http://www.laciudadviva.org/opencms/export/sites/laciudadviva/recursos/documentos/Otros_Documentos/Textos/FETE_UGT-Jornadas de Naturaleza cultura y equipamiento/Ricardo Huete Fuertes-Aproximacion a un modelo de construccion ecoeficiente-2005.pdf](http://www.laciudadviva.org/opencms/export/sites/laciudadviva/recursos/documentos/Otros_Documentos/Textos/FETE_UGT-Jornadas_de_Naturaleza_cultura_y equipamiento/Ricardo_Huete_Fuertes-Aproximacion_a_un_modelo_de_construccion_ecoeficiente-2005.pdf)
- Informe de Brundtland. (consultado 03/02/2012) Disponible en: <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I>
- Informe Nuestro futuro común. (consultado 03/02/2012) Disponible en: <http://www.cambioclimatico.andi.org.br/node/91>
- Guía de la edificación sostenible. (consultado 03/02/2012) Disponible en: [http://www.construmatica.com/construpedia/?title=Categor%C3%ADa:Construcci%C3%B3n Sostenible&curid=6504&diff=23569&oldid=23568](http://www.construmatica.com/construpedia/?title=Categor%C3%ADa:Construcci%C3%B3n_Sostenible&curid=6504&diff=23569&oldid=23568)
- Ecoeficiencia de las edificaciones. (consultado 13/05/2012) Disponible en: <http://www.sb10mad.com/ponencias/archivos/c/C024.pdf>
- Sistema MRPI Netherlands para la evaluación del ciclo de vida. (consultado 14/10/2012) Disponible en: <http://www.start2see.com.au/site/index.php/about/past-experience>

http://www.sustainableinsteel.eu/p/530/what_is_lca.html

<http://www.sustainableinsteel.eu/p/563/downloads.html>

- Ecoetiquetado LEED y BREEAM. (consultado 14/10/2012) Disponible en:
http://www.cma.gva.es/comunes_asp/documentos/agenda/Cas/65239-Curso%20CTL%20AIDICO%20resumen.pdf
<http://www.aidico.es/presentacion-cms-74-50-970/>
- Análisis del Ciclo de Vida. (consultado 14/10/2012) Disponible en:
<http://www.aidico.es/construccion-sostenible-cms-74-50-1500/>
<http://www.capcons.es/>
- Términos y conceptos. (consultado 01/02/2012) Disponible en:
http://www.eco-innovation.eu/index.php?option=com_glossary&letter=P&id=25&Itemid=126

Apéndice

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acabado: Último tratamiento superficial que recibe un elemento de la construcción. / Textura de una superficie una vez realizadas las operaciones de compactación y acabado. / Tratamiento final y definitivo que recibe cada uno de los elementos de la construcción.

Acero: Es una aleación de hierro y carbono muy resistente a la oxidación, es un material utilizado para la producción de barras y perfiles.

Acería: se refiere a procesos siderúrgicos, en los que se transforma el mineral de hierro en acero, para la fabricación de elementos de acero , incorporando chatarra metálica o material de hierro directamente reducido.

Agenda 21: Conjunto integrado de programas de acción para promover el desarrollo sostenible en el siglo XXI. Adoptada en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro (1992) por 178 países en la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en Río de Janeiro. No es vinculante.

Agentes externos: Productores, distribuidores, comercializadores y consumidores cualificados de energía eléctrica no nacionales que están debidamente autorizados para operar en el mercado de producción español.

Agregado: Material pétreo utilizado en la industria de la construcción. Se clasifica en tres granulometrías diferentes: gruesa, media y fina.

Agua: Líquido inoloro, incoloro e insípido, ampliamente distribuido en la naturaleza. Representa alrededor del 70% de la superficie de la Tierra. Componente esencial de los seres vivos. Está presente en el planeta en cada ser humano, bajo la forma de una multitud de flujos microscópicos.

Agua potable: Agua que puede beberse sin riesgos para la salud.

Aguas residuales: Aguas sanitarias o de proceso que, como consecuencia de su utilización, presentan características físicas, químicas o biológicas que las hacen inadecuadas para un posterior vertido al medio natural o para su empleo directo, y que, por tanto, requieren un tratamiento de depuración o acondicionamiento.

Aguas residuales tratadas: Aguas procesadas en plantas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad en relación a la clase de cuerpo receptor a que serán descargadas.

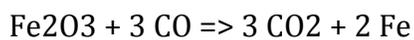
Ambiente: Es el conjunto de fenómenos o elementos naturales y sociales que rodean a un organismo, a los cuales este responde de una manera determinada. Estas condiciones naturales pueden ser otros organismos (ambiente biótico) o

elementos no vivos (clima, suelo, agua). Todo en su conjunto condicionan la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos.

Análisis del ciclo de vida (ACV): Proceso objetivo para evaluar los impactos ambientales originados por un producto, proceso o servicios desde su origen en las materias primas hasta su eliminación final como residuo (de la cuna a la tumba).

Arrabio: El arrabio es el primer proceso que se realiza para obtener acero, los materiales básicos empleados son mineral de hierro, coque y caliza. El coque se quema como combustible para calentar el horno, y al arder libera monóxido de carbono, que se combina con los óxidos de hierro del mineral y los reduce a hierro metálico.

La ecuación de la reacción química fundamental de un alto horno es:



La caliza de la carga del horno se emplea como fuente adicional de monóxido de carbono y como sustancia fundente. Este material se combina con la sílice presente en el mineral (que no se funde a las temperaturas del horno) para formar silicato de calcio, de menor punto de fusión. Sin la caliza se formaría silicato de hierro, con lo que se perdería hierro metálico. El silicato de calcio y otras impurezas forman una escoria que flota sobre el metal fundido en la parte inferior del horno.

Brundtland (Comisión/Informe): La noruega Gro Harlem Brundtland presidió a partir de 1983 la Comisión de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo, que en su informe de 1987 (Nuestro Futuro Común) introdujo en el debate medioambiental en concepto de desarrollo sostenible, que definía como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias. Este concepto fue el eje de la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, y se ha incorporado a prácticamente todos los programas de acción medioambiental desde entonces.

Buenas prácticas: Actuaciones individuales, tanto en la actividad profesional como en otros ámbitos vitales, realizadas a partir de criterios de respeto hacia el medio ambiente. Estas actuaciones incluyen la gestión de los recursos utilizados (energía, agua), el consumo de productos y la gestión de la contaminación y de los residuos generados en cada una de las actividades.

Calentamiento global: Incremento de la temperatura media de la Tierra como resultado de las actividades humanas que afectan a la atmósfera terrestre.

Calidad del aire (criterio de):

Compilación que describe la relación entre varias concentraciones de contaminantes en el aire y sus efectos adversos a la salud.

Capacidad de carga (carrying capacity): La carga máxima que la humanidad (o un grupo concreto) puede imponer de modo sostenible al medio ambiente (o a un ecosistema concreto) antes de que éste sea incapaz de sostener y alimentar la actividad humana.

Capacidad límite: Este concepto pone en relación un medio dado con respecto a una población determinada. La capacidad límite de un medio señala el nivel más allá del cual no se producirá un aumento significativo de esa población.

Capacidad de regeneración: Aptitud del medio y los recursos naturales para restablecer su equilibrio original.

Capacidad de sustentación: Número máximo de personas, o individuos de determinada especie, que cierta porción del medio ambiente puede mantener indefinidamente.

Capa de ozono: Capa compuesta por ozono que protege la Tierra de los daños causados por las radiaciones ultravioleta procedentes del sol. Si desapareciera esta capa las radiaciones esterilizarían la superficie del globo y aniquilarían toda la vida terrestre.

Carga total de contaminación: Masa de un contaminante específico que ha sido descargada en el ambiente, en un período de determinado. Este concepto es, bajo determinadas circunstancias, más importante que la especificación misma de la capacidad de concentración del contaminante de ese medio.

Carta de la Tierra: Documento que establece los principios para una forma de vida sostenible, como un fundamento común mediante el cual se deberá guiar y valorar la conducta de las personas, organizaciones, empresas, Gobiernos e instituciones transnacionales. Los principios en que se basa son los siguientes: respeto y cuidado de la comunidad de vida; integridad ecológica; justicia social y económica; democracia, no violencia y paz.

Cerramiento: Elemento que en una edificación cierra o delimita un espacio.

Ciclo de vida: Una secuencia de fases conceptuales relacionada con un producto, proceso, servicio, instalación o empresa.

Coordinación modular: En un sistema se refiere al mecanismo de simplificación o interrelación de magnitudes y de objetos diferentes, de procedencia distinta, que deben ser unidos entre sí, en la etapa de construcción (o montaje) con mínimos retoques y ajustes.

Costo de producción: Es el valor del conjunto de bienes y esfuerzos en que se ha incurrido o se va a incurrir, que deben consumir los centros fabriles para obtener un producto terminado, en condiciones de ser entregado al sector comercial.

Crisis ecológica: Perturbación general del ambiente, gestada por el hombre (antropogénicas o antrópica) y/o los fenómenos naturales. Sumada a una crisis política, económica e incluso de un pueblo, a la incapacidad de planificación, el abuso y destrucción de los recursos naturales y la explotación del ambiente más allá del soporte y recuperación, esta crisis puede llevar a una situación de desastre general que origina hambruna, migraciones multitudinarias, ecorrefugiados y desorden social.

Criterios: Componentes del sistema de referencia del desarrollo sostenible cuyo comportamiento puede describirse por medio de indicadores, indicadores sustitutivos y puntos de referencia.

Deforestación: Destrucción de los bosques de manera tal que se torna imposible su reproducción natural.

Degradable: Que puede ser descompuesto bajo ciertas condiciones ambientales.

Desarrollo Sostenible: Es cuando satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades. Sustentabilidad ecológica, para proteger la base de recursos naturales mirando hacia el futuro y cautelando, sin dejar de utilizarlos, los recursos genéticos (humanos, forestales, pesqueros, microbiológicos) agua y suelo. Sustentabilidad energética, investigando, diseñando y utilizando tecnologías que consuman igual o menos energía que la que producen, fundamentales en el caso del desarrollo rural y que, además, no agradan mediante su uso a los demás elementos del sistema. Sustentabilidad social, para que los modelos de desarrollo y los recursos derivados del mismo beneficien por igual a toda la humanidad, es decir, equidad. Sustentabilidad científica, mediante el apoyo irrestricto a la investigación en ciencia pura tanto como en la aplicada y tecnológica, sin permitir que la primera se vea orientada exclusivamente por criterios de rentabilidad inmediata y cortoplacista.

Desechos: Cualquier material no aprovechable.

Disposición final: Es la acción de depósito permanente de los desechos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños a la salud y al ambiente.

Ecocidio: Atentado contra la naturaleza. Muerte del ecosistema, o de la relación entre los organismos y su ambiente.

Ecodesarrollo: Estilo particular de desarrollo que permite alcanzar la plena satisfacción de las necesidades del hombre a través de un desarrollo económico y social continuo en armonía con el manejo racional del ambiente.

Ecoeficiencia: Concepto definido por el WBCSD como la creación de más bienes y servicios usando menos recursos y generando menos residuos y contaminación.

Ecología: Ciencia que estudia a los seres vivos en sus distintos niveles de organización y sus interrelaciones entre ellos y con el medio ambiente.

Efecto invernadero: Fenómeno natural basado en la función de pantalla que realizan el CO₂ y otros gases atmosféricos, reflejando parcialmente las radiaciones infrarrojas emitidas por la superficie terrestre, evitando así el enfriamiento excesivo de ésta y permitiendo la existencia de la vida en la Tierra.

Eliminación: Cualquiera de las operaciones destinadas a dar tratamiento de disposición final a los residuos sin aprovechar los recursos contenidos en ellos.

Estrategia: Forma de distribuir recursos, configuración de objetivos a largo plazo, conjunto de políticas, criterios para orientar las decisiones fundamentales.

Estudio ambiental: Estudio que tiene por objeto dar recomendaciones para prevenir y reducir el impacto ambiental que puede generarse con las operaciones industriales. Elaboración de un informe de Impacto Ambiental que permita identificar, predecir, ponderar y comunicar efectos, alteraciones o cambios que se produzcan o pudieran producirse sobre el medio ambiente por la localización, construcción, operación y clausura o desmantelamiento de un emprendimiento.

Estudio de impacto ambiental: Es el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento de la evaluación de impacto ambiental (EIA) está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Documento técnico que debe presentar el titular del proyecto, y la base sobre la que se produce la declaración de impacto ambiental.

Evaluación del Impacto medioambiental: Análisis del impacto de un proyecto u operación empresarial sobre el medio ambiente.

Galvanizado: El proceso puede ser continuo o general, pero en ambos casos el principio es el mismo. En primer lugar se realiza un pre tratamiento de la superficie del acero para eliminar grasas y óxidos provenientes del proceso de fabricación, a fin de disponer de una superficie completamente limpia donde el Zn y el Fe puedan interdifundir y formar aleaciones. El zinc se funde a 419 °C, y para galvanizar el acero éste se sumerge en un baño de zinc metálico fundido que se

encuentra a 445-450 °C. A esta temperatura, el acero y el zinc muestra gran afinidad y, por difusión, forman aleaciones Fe-Zn. El producto final es un acero protegido por un revestimiento de zinc.

Gestión ambiental: Conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente a partir de un enfoque interdisciplinario y global.

Gestión del ciclo de vida del producto: Gestión que se utiliza con el fin de lograr mejoras en el sentido del rendimiento económico de los procesos y del rendimiento medioambiental.

Huella ecológica: La huella o impronta ecológica (ecological footprint) individual calcula la cantidad de territorio terrestre y marino necesario para sostener el gasto asociado al modo de vida de una persona. Es un buen indicador no monetario de sostenibilidad y equidad medioambiental.

Impacto ambiental: Alteración positiva o negativa de la calidad ambiental, provocada o inducida por cualquier acción del hombre.

Innovación Social: considera que el elemento humano integral a cualquier discusión sobre el consumo de recursos. Incluye basados en el mercado dimensiones del comportamiento y cambio de vida y de la demanda consiguiente de los bienes y servicios ecológicos.

Medio ambiente: Entorno y circunstancias en las que un organismo, individuo u organización existe y con el cual interactúa. Esto incluye el aire, el agua, el suelo, la flora, la fauna, lo humano, lo socioeconómico, lo cultural, lo político, lo hereditario y lo patrimonial.

Metal crítico: Un metal que es esencial para un proceso industrial y para el cual no hay ningún sustituto real o comercialmente viable.

Remanufactura: es el proceso de desmontaje y recuperación. Lund (1998) describe la remanufactura como "... un proceso industrial en el cual gastados productos se restauran en perfectas condiciones. A través de una serie de procesos industriales en un entorno de fábrica, un producto se desecha totalmente desmontado. Partes utilizables son limpiados, restaurados y puestos en inventario. Después, el producto se vuelve a montar de las partes viejas (y, cuando sea necesario, nuevas partes) para producir una unidad totalmente equivalente y, a veces superior en rendimiento y tiempo de vida esperado para el nuevo producto original.

Reciclaje: Transformación de los residuos dentro de un proceso de producción para su fin inicial o para otros fines.

Recursos naturales:

En sentido amplio, bienes procedentes de la naturaleza no transformada por el hombre en cuanto son capaces de satisfacer las necesidades humanas.

Recursos no renovables: Recursos cuya cantidad física no aumenta con el tiempo de forma significativa produciéndose con su empleo un agotamiento progresivo de los mismos. Ejemplo de ellos son: la materia orgánica fosilizada (petróleo y gas natural) o los recursos naturales inorgánicos, como los minerales metálicos.

Recursos renovables: Recursos que están disponibles con distintos intervalos de tiempo. El empleo de las fuentes actuales no disminuye la disposición futura siempre que la tasa de consumo no exceda a la de generación.

Remediación⁴²: El término remediación no está registrado en los diccionarios de la lengua española, es por eso que en nuestro país no ha sido incluido en documentos oficiales. Se ha vuelto del dominio público como una traducción de remediation que en Estados Unidos, Canadá y otros países de lengua inglesa, se ha venido usando para referirse a todas aquellas actividades de limpieza de sitios contaminados. Un término que sí aparece en los diccionarios de la lengua española es el verbo remediar, cuya definición es poner remedio al daño; corregir o enmendar una cosa; socorrer una necesidad o urgencia; librar, apartar o separar de un riesgo; evitar que suceda algo de que pueda derivarse algún daño o molestia. Si nos ubicamos dentro del terreno ambiental, esta definición es precisamente lo que se busca una vez que se detecta un daño por contaminación.

Siderúrgica: técnica del tratamiento del mineral de hierro para obtener diferentes tipos de éste o de sus aleaciones. El proceso de transformación del mineral de hierro comienza desde su extracción en las minas. El hierro se encuentra presente en la naturaleza en forma de óxidos, hidróxidos, carbonatos, silicatos y sulfuros. Los más utilizados por la siderurgia son los óxidos, hidróxidos y carbonatos.

Tecnologías Limpia: Las tecnologías limpias (TL) están orientadas tanto a reducir como a evitar la contaminación, modificando el proceso y/o el producto. La incorporación de cambios en los procesos productivos puede generar una serie de beneficios económicos a las empresas tales como la utilización más eficiente de

⁴² De Susana Aval Bohórquez. "La reparación del daño. Aspectos técnicos: remediación y restauración". UNAM. En <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/1/141/9.pdf>

los recursos, reducción de los costos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos. Una TL puede ser identificada de varias maneras: o permite la reducción de emisiones y/o descargas de un contaminante, o la reducción del consumo de energía eléctrica y/o agua, sin provocar incremento de otros contaminantes; o logra un balance medioambiental más limpio, aun cuando la contaminación cambia de un elemento a otro.

El concepto de tecnologías limpias está descrito en la Agenda 21 definiendo las TAS como procesos y productos que protegen el ambiente, son menos contaminantes, usan todos los recursos de forma más sustentable, reciclan más de sus residuos y productos y manejan los desechos residuales de una manera más aceptable.⁴³

⁴³ De Joan Amir Arroyave Rojas y Luís Fernando Garcés Giraldo "Tecnologías ambientalmente sostenibles". En revista Producción + Limpia. Julio – Diciembre 2006, Vol. 1, Nro. 2.

http://www.lasallista.edu.co/images/pdfs/Revistas/revista_limpia/vol1n2/78-86.pdf

ANEXOS

1. Ficha de sistema MRPI – Netherlands
2. Flujograma de las principales etapas de los procesos de fabricación industrial de tableros aglomerados.
3. Catálogo de Componentes SIEMA.
4. Ficha técnica de Escuela Básica Experimental – Unidad Educativa Carmen Cabriales.
5. Ficha técnica del edificio PDD de la Procter & Gamble.
6. Ficha técnica del edificio del Banco del Libro.
7. Ficha técnica del edificio de la Fundación Instituto de Ingeniería.
8. Fotografías de la aplicación en Caicara de Maturín.
9. Fichas técnicas de Productos de Acero Lamigal.
10. Ficha técnica de galvanización y producción de láminas metálicas estriadas.
11. Tabla estrategias de construcción sostenible.
12. Achatarramiento y demolición de la fábrica de cemento de Torredonjimeno, Jaén, España.

Anexo 1
Ficha de sistema MRPI – Netherlands

Anexo 2

Flujograma de las principales etapas de los procesos de fabricación industrial de tableros aglomerados

Anexo 3
Catálogo de Componentes SIEMA.

Anexo 4

Ficha técnica de Escuela Básica Experimental – Unidad Educativa Carmen Cabriales

Anexo 5

Ficha técnica del edificio PDD de la Procter & Gamble

Anexo 6

Ficha técnica del edificio del Banco del Libro.

Anexo 7

Ficha técnica del edificio de la fundación Instituto de Ingeniería.

Anexo 8

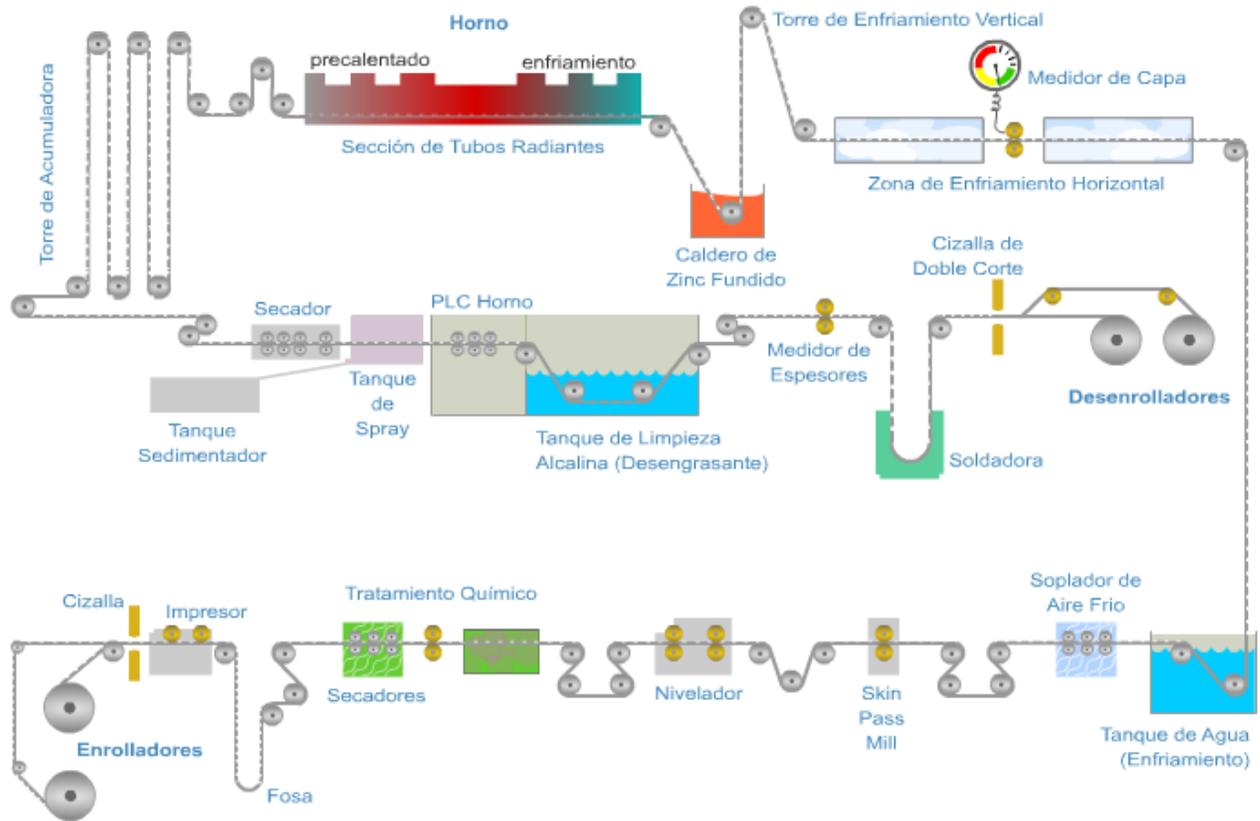
Fotografías de la aplicación en Caicara de Maturín.

Anexo 9

Fichas técnicas de productos de acero Lamigal.

Anexo 10
PROCESO DE GALVANIZACIÓN. Para más información ver:

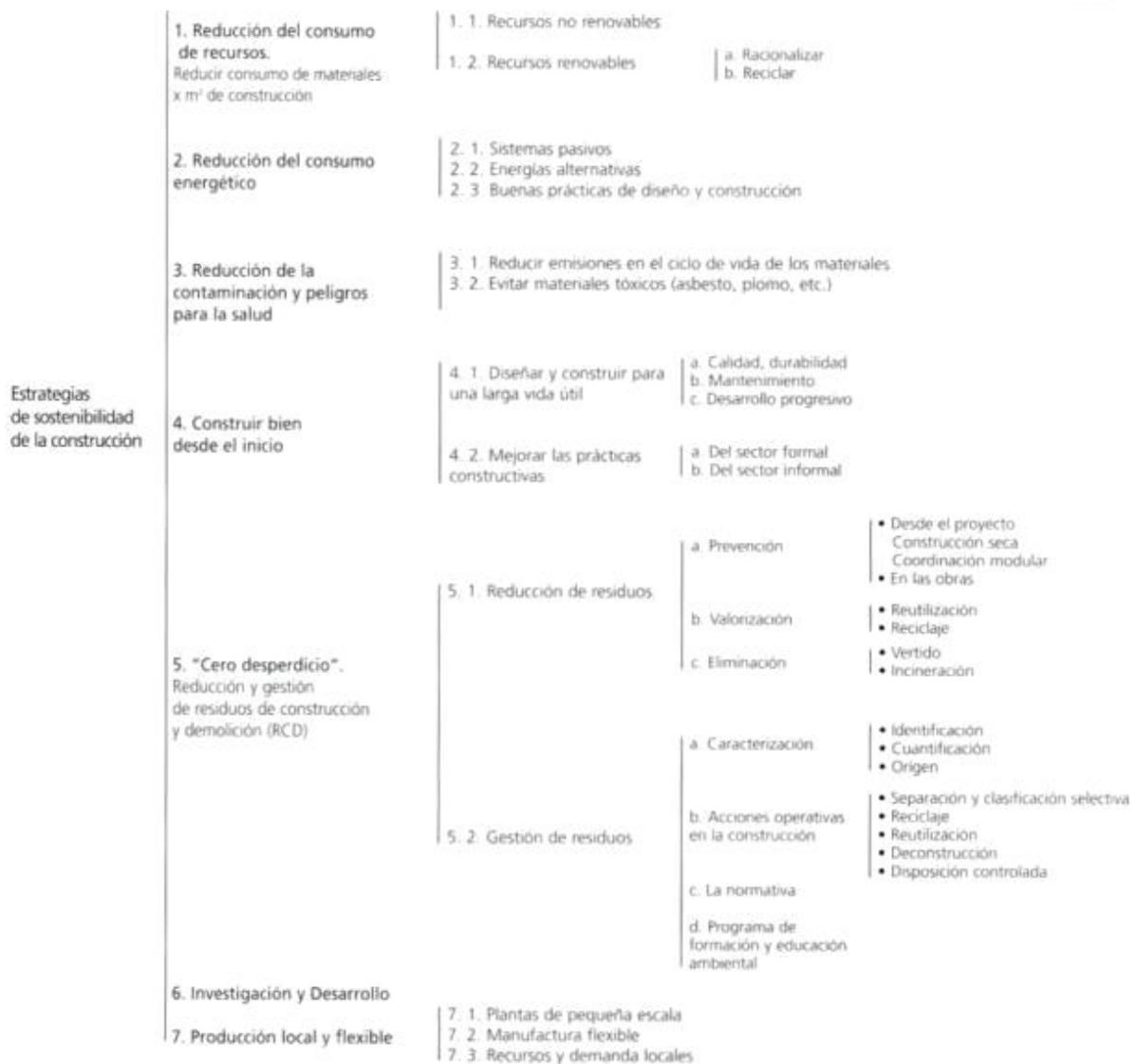
<http://www.lamigal.com/acero-linea-continua/proceso-productivo.html>



Anexo 11 Estrategias de Sostenibilidad

Tomado de la Revista Tecnología y construcción. Vol. 19 II. 2003

Diagrama 2
Estrategias de Sostenibilidad de las edificaciones



Fuente: Tecnología y Construcción 19-II.

Anexo 12
Achatarramiento y demolición de la fábrica de cemento de
Torredonjimeno, Jaén. España
<http://www.detecsa.es/destacada.asp?id=537>