

## **Herramientas CAD/CAE/CAM en la malla curricular de PNF de Ingeniería Mecánica del IUTEB**

### ***Tools CAD/CAE/CAM in the curriculum Mechanical Engineering, Venezuela***

MSc. José Gregorio Mejias Torres

Instituto Universitario de Tecnología del estado Bolívar (IUTEB), Venezuela.

Correo electrónico: [mejijego1@hotmail.com](mailto:mejijego1@hotmail.com)

Recibido: 8 de septiembre de 2015

Aceptado: 24 de octubre de 2015

#### **Resumen:**

En la elaboración de cualquier producto, la industria actual debe aplicar herramientas computacionales de diseño y fabricación asistidas por computadoras (CAD/CAE/CAM), que permitan realizar las tareas de creación, modificación, modelado y fabricación de piezas. A partir de este criterio, es de vital importancia para el país disponer de ingenieros con un alto grado de formación y preparación en estas áreas. Por tales motivos es necesario que las universidades cuenten con programas de estudios actualizados con herramientas de diseño y manufactura asistida por computados (CAD/CAE/CAM), con un personal docente calificado e integrado al sector productivo. La presente investigación tiene como objetivo mejorar la malla curricular del Programa Nacional de Formación (PNF) en Ingeniería Mecánica del Instituto Universitario Tecnológico del Estado Bolívar (IUTEB), por medio de la implementación de las herramientas CAD/CAE/CAM para potenciar las competencias profesionales de los egresados y así coincidir con el nivel de exigencias del sector empresarial y contribuir al desarrollo local.

**Abstract:**

In the manufacture of any product, the current industry must apply computational design tools and computer assisted manufacturing (CAD/CAE/CAM) tools, which may implement the tasks of creating, modifying, modeling and manufacturing parts. From this view, it is vital for the country to have engineers with a high degree of training and education in these areas. For this reason, it is necessary for universities to have updated CURRICULUM design tools and assisted computing manufacturing tools (CAD/CAE/CAM), and a qualified productive labor force (teachers) related to production. This research is aimed at improving the CURRICULUM of the National Training Program (NTP) at the Mechanical Engineering Technology University Institute of Bolivar State (IUTEB), through the implementation of CAD / CAM tools to enhance the professional skills of the graduates thus matching the level of demands from the business sector and contributing to local development.

**Palabras claves**

Implementación, CAD/ CAM, enseñanza.

**Key Words**

Implementation, CAD / CAM, teaching.

***Licencia Creative Commons***



## Introducción

La Universidad en su devenir histórico ha estado permeada por la necesidad de educar a la cúspide de la sociedad, formar a profesionales, generar innovación tecnológica para la industria y las empresas, educar a grandes masas poblacionales, entre otras de sus misiones y funciones sociales.

La Ingeniería Mecánica no ha escapado a los avances de la tecnología, por el contrario, estos han experimentado un vertiginoso avance en este campo. Hoy en día, la industria nacional busca adaptarse al uso de nuevas tecnologías tales como el diseño, ingeniería y la manufactura asistida por computador (CAD/CAE/CAM), las cuales se han convertido en indispensables para las empresas que buscan mejorar la productividad y competitividad, mejorando la calidad, disminuyendo costos y acortando tiempos de diseño y fabricación [1]. Razón por la cual es de vital importancia que los estudiantes que cursan la carrera de ingeniería mecánica, en su formación académica, reciban estos contenidos y los ejerciten y desarrollen en el campo laboral. Por tales motivos es necesario que el Programa Nacional de Formación (PNF)<sup>1</sup> de la carrera de Ingeniería Mecánica del IUTEB, tenga presente en su malla curricular<sup>2</sup> todo un conjunto de herramientas CAD/CAE/CAM, que le permita a los docentes, realizar tareas de creación, modificación, análisis y optimización del diseño y fabricación de piezas, para así contribuir en la preparación de los estudiantes.

Entre las más significativas limitaciones que han sido señaladas por diferentes fuentes de información consultadas se encuentran: bajo dominio de las herramientas CAD/CAE/CAM por parte de los profesores, igualmente, la gran mayoría de las asignaturas que componen la malla curricular no tienen incorporadas a su plan temático herramientas CAD/CAE/CAM, en consecuencia, existe un limitado dominio de las herramientas CAD/CAE/CAM, la baja preparación de los egresados en estas temáticas y los aislados y espontáneos vínculos de cooperación de entre la universidad y el sector empresarial. Asimismo, en el sector empresarial se conoce de la introducción de herramientas CAD/CAE/CAM al sistema productivo. Los softwares más usados por las empresas industriales son:

a. Software para el dibujo técnico: Autocad, Mechanical Desktop, Inventor, Solid Edge y Solid Work.

b. Software para las áreas de mecánica y resistencia de materiales: Mechanical Desktop Pack, Solid Work Cosmos, Inventor y SAP [2].

---

<sup>1</sup> Los Programas Nacionales de Formación universitaria son definidos como aquellos estudios y actividades académicas conducentes a títulos, grados o certificaciones de estudios superiores dictados y acreditados en distintos espacios del territorio nacional... (Colectivo de autores, 2008).

<sup>2</sup> La malla curricular es la red sistemática de experiencias de formación que se disponen en un tejido de las unidades curriculares que potencian la concreción del perfil del Programa Nacional de Formación. (Colectivo de autores, 2012).

La situación problemática que se presenta lleva implícito la siguiente contradicción: por un lado, el sector empresarial utiliza herramientas CAD/CAE/CAM exigiendo mayores competencias de los profesionales; y por otro, el limitado dominio de estas por parte de los egresados del PNF de ingeniería mecánica del IUTEB.

El objetivo general consiste en: mejorar la malla curricular del PNF de Ingeniería Mecánica en el IUTEB, por medio de la implementación de las herramientas CAD/CAE/CAM para potenciar las competencias profesionales de los egresados.

### **Métodos**

La estrategia metodológica fue la siguiente:

- Selección de las definiciones más aceptadas en la teoría sobre la evolución de las relaciones de la universidad con su entorno socio-económico, las herramientas CAD/CAE/CAM, los PNF y las competencias profesionales, a partir de la sistemática revisión bibliográfica realizada a lo largo de toda la investigación, para conformar el marco teórico referencial.
- El diagnóstico de la utilización actual de las herramientas CAD/CAE/CAM en cada una de las unidades curriculares<sup>3</sup> que forman la malla curricular de los PNF de la carrera de Ingeniería Mecánica del IUTEB. Se ejecutó sobre la base del análisis crítico de los aspectos que debían conformar los instrumentos de medición primero y su posterior elaboración, aplicación y tabulación de resultados ofrecidos fundamentalmente por tres fuentes de información (profesores, estudiantes e ingenieros de la producción). Al concluir utilizando el método de la triangulación se determinan las principales deficiencias.
- Teniendo en cuenta el marco teórico asumido y las deficiencias detectadas en el diagnóstico, se procede a la propuesta de mejoramiento de la implementación de las herramientas CAD/CAE/CAM en la malla curricular del PNF de la carrera de Ingeniería Mecánica.
- Validación de la propuesta elaborada. Con tal propósito y según el método de Campistrous se llevó a cabo la selección y consulta de los profesionales considerados expertos. Entre los expertos seleccionados, se encontraban: los profesores del IUTED que cursan la maestría de CAD/CAM, profesores de la Universidad de Holguín que imparten la maestría de CAD/CAM, profesores de la Universidad de Holguín que han participado en la concepción o mejoramiento de los PNF, master o doctores en CAD/CAM, también se consideró a profesionales de organismos radicados en la localidad. El procesamiento estadístico se realizó en Excel, se categorizaron las asignaturas en muy adecuada, bastante adecuada, adecuada, poco adecuada e inadecuada. Se utilizaron los programas Ucinet y Netdraw, se determinó la densidad de la red y se logró una mejor visualización para su comprensión.

---

<sup>3</sup>Las unidades curriculares son formas de construcción de significaciones que organizan los trayectos de formación procurando una ruptura con la concepción de áreas fragmentadas del conocimiento para la generación de unidades articuladas con el perfil de egreso, los programas de investigación e innovación, el proyecto sociointegrador y la práctica profesional. (Colectivo de autores, 2012).

## Resultados

Se aplicaron encuestas y entrevistas a una muestra incidental de 30 docentes de un total de 37 que integran el claustro de la carrera de Ingeniería Mecánica del IUTEB. El 100% de los docentes consideran importante la aplicación de herramientas CAD/CAE/CAM en el desarrollo de las unidades curriculares que dirigen, aunque solo 8 docentes, que representan el 26,67% de la población total del claustro de Ingeniería Mecánica del IUTEB, manifiestan tener conocimiento y dominio del manejo de las herramientas CAD/CAE/ CAM, mencionando algunos programas como el Autocad, Inventor y SolidWorks como los más utilizados y Solid Edge, Ansys, SurfCam, Mechanical Desktop, MDSolids, utilizados en situaciones puntuales de las unidades curriculares de la malla. Los resultados se muestran en la tabla 1. La tabla 2 muestra que el 16,67% de los docentes manifiestan haber aplicado las herramientas CAD/CAE/CAM en diez de un total de 26 asignaturas que forman a la malla curricular.

Se aplicó la encuesta a una muestra incidental de alumnos cursantes del IV trayecto y egresados de la última promoción del PNF de ingeniería mecánica del IUTEB, dando un total de 40 alumnos; el 100% manifiesta que es muy importante que los docentes apliquen herramientas computacionales en el desarrollo de las unidades curriculares que imparten debido que permite la motivación en los estudiantes y por ende lograr mayor asimilación y aprendizaje de los contenidos tratados; el 92,5% de los estudiantes encuestado asegura que en la asignatura dibujo mecánico, los docentes han implementado el Autocad como herramientas para realizar normas, acotaciones y proyecciones en la realización de planos y diseño de una pieza. Los alumnos manifiestan que en la asignatura Ingeniería Asistida por Computador reciben conocimiento sobre SolidWorks e Inventor.

CAD CAP P CAM															
	EXP	AutoCad	SolidWorks	Inventor	Ansys	Mechanical Desktop	SurfCam	Nastran	Solid Edge	Working Model	GibbsCAM	MDSolids	ProCAST	KISSsoft	MITCalc
1	X	X	X	X				X				X			
2	X	X	X	X	X	X		X							
3	X	X	X					X	X						
4	X	X	X												
5	X	X	X	X											
6	X	X	X												
7	X	X													
8	X		X												
.															
.															
.															
.															
30															

Tabla 1: Dominio de las herramientas CAD/CAE/CAM. Docentes del PNF de Ingeniería

### Discusión de resultados

La aplicación de los métodos de obtención de información reveló un conjunto de deficiencias presentes en la aplicación de las herramientas CAD/CAE/CAM en la malla curricular del PNF de la carrera de Ingeniería Mecánica, entre las que prevalecen:

- 1) A pesar de que todos los docentes del claustro de la carrera de Ingeniería Mecánica del IUTEB comprenden la importancia de las herramientas CAD/CAE/CAM de manera general para el desarrollo del Ingeniero Mecánico, sin embargo, aún es bajo el porcentaje de docentes que tienen dominio, utilizan y aplican en las unidades curriculares herramientas de CAD/CAE/CAM.
- 2) Limitado tratamiento de las herramientas CAD/CAE/CAM en la malla curricular del PNF de la carrera de Ingeniería Mecánica, únicamente en tres asignaturas está planteada la utilización de herramientas CAD/CAE/CAM, influyendo negativamente en la pertinencia y calidad del plan de estudio con el entorno socio-económico del Estado de Bolívar.

3) No existen programas de pasantías para los estudiantes en las empresas, lo que hipoteca el vínculo indisoluble del estudio con el trabajo, afectando el dominio de los modos de actuación del profesional, por falta del vínculo directo con la actividad profesional.

4) Sólo el 16,67% de los docentes manifiestan que se encuentran trabajado en proyectos que vinculan al IUTEB con el sector empresarial, todo esto producto de la maestría en CAD/CAE/CAM, mostrando la poca vinculación entre el IUTEB y el sector empresarial.

Todas las deficiencias obtenidas en el PNF de la carrera de Ingeniería Mecánica, permiten realizar una propuesta de implementación de las herramientas CAD/CAE/CAM en el mismo. A continuación, se muestran los pasos a seguir para la implementación de las herramientas CAD/CAE/CAM en la malla curricular del PNF de la carrera de Ingeniería Mecánica del IUTEB.

Se realizó una clasificación de los programas o software CAD/CAE/CAM de acuerdo a sus funciones y características obtenidas a través de la fundamentación teórica:

*1. Software para el área de diseño (CAD)*

AutoCAD, SolidWorks, Inventor, Mechanical Desktop, SOLID Edge, KISSsoft, MITCalc.

*Qué hacen:* Son programas de diseño asistido por ordenador para dibujo en 2D y 3D. Estas herramientas permiten al diseñador dibujar y comprobar los estudios de movimiento de los mecanismos diseñados, son potentes a la hora de simular textura y luces, dándole una apariencia real a la pieza. Luego estas piezas se pueden combinar en *ensamblajes*. Corrigiendo piezas y ensamblajes pueden obtenerse diversas variantes.

*2. Software para el área de procesos de manufactura (CAM)*

SurfCAM, GibbsCAM, ProCAST, Edge Cam.

*Qué hacen:* El objetivo del CAM es básicamente, proporcionar una serie de herramientas que permitan fabricar la pieza diseñada. El sistema CAM también se encarga de simular el recorrido físico de cada herramienta, con el fin de prevenir posibles interferencias entre herramientas y materiales.

Entre las aplicaciones más relevantes, se tienen: Generación de programas de control numérico, Simulación de estrategias y trayectorias de herramientas para mecanizado del producto diseñado (partiendo de un modelo CAD), Programación de soldaduras y ensamblajes robotizados.

*3. Software para las áreas de mecánica y resistencia de materiales (CAE)*

Mechanical Desktop, SolidWorks, Inventor, Ansys, Nastran, Working Model, MDSolid.

*Qué hacen:* Es un conjunto de herramientas informáticas que permiten analizar y simular el comportamiento del producto diseñado. Es la tecnología que analiza un diseño y simula su operación para determinar su apego a las condiciones de diseño y sus capacidades. El CAE mecánico se utiliza en diseño de ingeniería para producir y perfeccionar productos nuevos. Permiten optimizar los diseños desde el punto de vista estructural, simulación cinemática y dinámica de mecanismos y mediante las tecnologías de elementos finitos realiza análisis de esfuerzos, deformaciones, tensión, pandeo, dilataciones térmicas, transferencia de calor, fluidos, cálculo de propiedades físicas: volumen, masa, centro de gravedad, momentos de inercia, análisis tensorial, cálculo mecánico y estructural: lineal y no lineal. Análisis de vibraciones, simulación de momento de fuerza, fundición, campo magnético, flujo de fluidos, predicción de estructuras, tratamiento térmico.

### Malla curricular del PNF de ingeniería mecánica

Se agruparon las asignaturas que forman la malla curricular del PNF de ingeniería mecánica por área o disciplina, tomando en cuenta el contenido programático de las mismas.

#### 1. Asignaturas incluidas en el área de diseño

Trayecto I	Trayecto II
<b>Dibujo mecánico, Proyecto socio-integrador.</b>	<b>Diseño de elementos mecánicos, Proyecto socio-integrador</b>
Trayecto III	Trayecto IV
<b>Diseño de máquinas, Proyecto socio-integrador</b>	Diseño y desarrollo de productos, ingeniería asistida por computador, Proyecto socio-integrador.

#### 2. Asignaturas incluidas en el área de Manufactura

<b>Trayecto I</b>	<b>Trayecto III</b>
Taller de mecanizado.	Taller de procesos de manufactura convencional y CNC
<b>Trayecto III</b>	<b>Trayecto IV</b>
Procesos especiales de manufactura I.	Proyecto de manufactura, ingeniería asistida por computador

#### 3. Asignaturas incluidas en el área de mecánica y resistencia de materiales

<b>Trayecto I</b>	<b>Trayecto II</b>
Tecnología de materiales, física, mecánica aplicada I, fundamentos Eléctricos, Proyecto socio-integrador.	Termodinámica, mecánica aplicada II, máquinas hidráulicas, Proyecto socio-integrador.
<b>Trayecto III</b>	<b>Trayecto IV</b>
Técnicas de mantenimiento, instalaciones eléctricas, máquinas térmicas, Proyecto socio-integrador.	Automatización industrial, Generación de potencia, ingeniería asistida por computador, Proyecto socio-integrador.

**Propuestas según funciones y características.**

Se compararon las funciones y características de cada una de las herramientas CAD/CAM, con cada una de las asignaturas de la malla curricular, tomando en cuenta el área o disciplina y el contenido programático. Los resultados son los siguientes:

*1. Propuesta en el área de diseño:*

Software para el área de diseño (CAD)	Asignaturas en el área de diseño
AutoCAD	Dibujo mecánico, ingeniería asistida por computador, Proyecto socio-integrador.
SolidWorks	Dibujo mecánico, diseño de elementos mecánicos, Diseño de máquinas, Diseño y desarrollo de productos, ingeniería asistida por computador, Proyecto socio-integrador
Inventor	Dibujo mecánico, Diseño de máquinas, Diseño y desarrollo de productos, ingeniería asistida por computador, Proyecto socio-integrador.
KISSsoft	Diseño de elementos mecánicos, Diseño de máquinas, Diseño y desarrollo de productos, ingeniería asistida por computador, Proyecto socio-integrador.
MITCalc	Diseño de elementos mecánicos, Diseño de máquinas, Diseño y desarrollo de productos, ingeniería asistida por computador, Proyecto socio-integrador.
Nastran	Diseño de elementos mecánicos.
MDSolid	Diseño de elementos mecánicos.

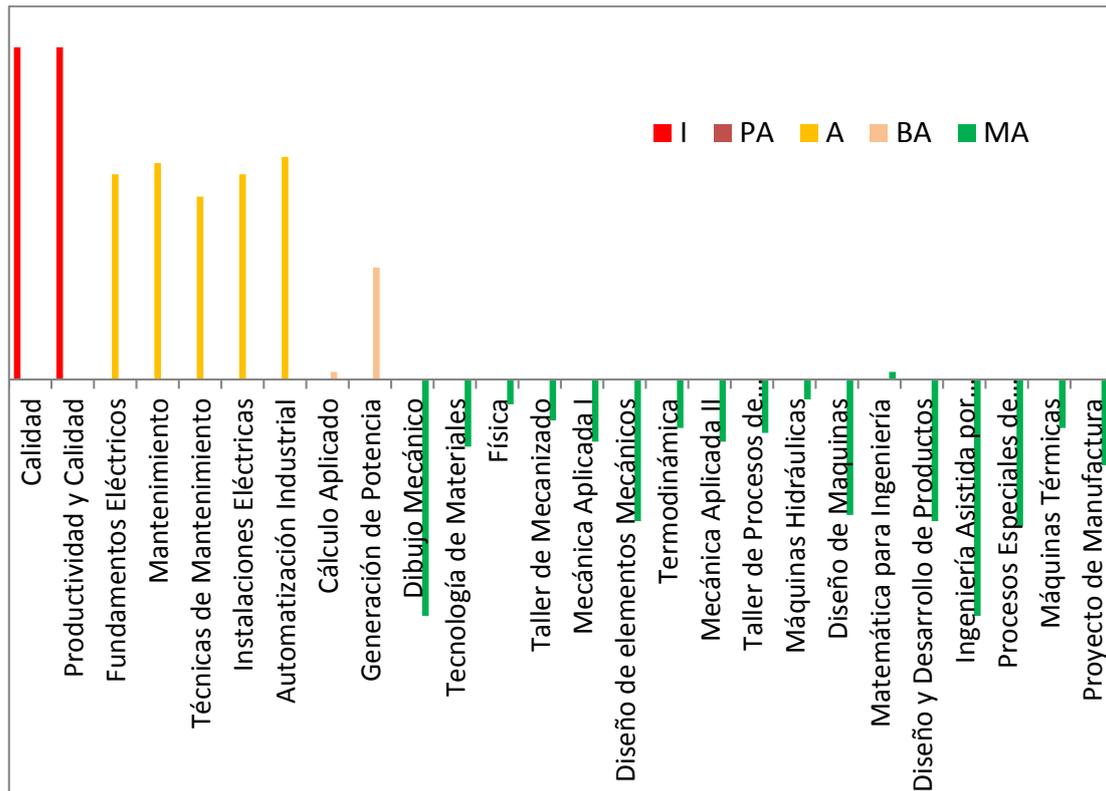
*2. Propuesta en el área de Manufactura*

Software para el área de procesos de manufactura (CAM)	Asignaturas en el área de Manufactura
Surfcam,	Taller de mecanizado, Taller de procesos de manufactura convencional y CNC, Procesos especiales de manufactura I, Proyecto de manufactura, ingeniería asistida por computador.
GibbsCAM	Taller de procesos de manufactura convencional y CNC, Procesos especiales de manufactura I, Proyecto de manufactura, ingeniería asistida por computador.
ProCAST	Tecnología de materiales, Procesos especiales de manufactura I, Proyecto de manufactura, ingeniería asistida por computador.

3. Propuesta en el área de mecánica y resistencia de materiales (CAE)

Software para el área de mecánica y resistencia de materiales (CAE)	Asignaturas incluidas en el área de mecánica y resistencia de materiales
SolidWorks	Tecnología de materiales, física, mecánica aplicada I, Termodinámica, mecánica aplicada II, máquinas hidráulicas, Técnicas de mantenimiento, instalaciones eléctricas, maquinas térmicas, Automatización industrial, Generación de potencia, ingeniería asistida por computador, Proyecto socio-integrador.
Inventor	Mecánica aplicada I, Termodinámica, mecánica aplicada II, máquinas térmicas, ingeniería asistida por computador. Proyecto socio-integrador.
Ansys	Física, mecánica aplicada I, fundamentos eléctricos, Termodinámica, mecánica aplicada II, máquinas hidráulicas, instalaciones eléctricas, máquinas térmicas, ingeniería asistida por computador, Proyecto socio-integrador.
Working Model	Física, mecánica aplicada I, fundamentos eléctricos, mecánica aplicada II, instalaciones eléctricas, Proyecto socio-integrador.
Nastran	Máquinas hidráulicas, Técnicas de mantenimiento, máquinas térmicas, ingeniería asistida por computador, Proyecto socio-integrador.
MDSolid	Tecnología de materiales, física, mecánica aplicada I, mecánica aplicada II, ingeniería asistida por computador, Proyecto socio-integrador.

Posteriormente, se aplicó la encuesta a los expertos seleccionados sobre la aplicación de herramientas CAD/CAE/CAM en las distintas unidades curriculares. Los resultados de los expertos se muestran en la gráfica1.



Grafica1. Opinión de los expertos sobre la aplicación de herramientas CAD/CAE/CAM en las distintas unidades curriculares del PNF del IUTEB.

## Conclusiones generales

Se cumplió el objetivo general de la investigación al elaborar una propuesta de implementación de herramientas CAD/CAE/CAM que permitirá el mejoramiento continuo de la malla curricular del PNF de la carrera de Ingeniería Mecánica en el IUTEB, ofreciendo un instrumento para la toma de decisiones de las autoridades académicas.

Ingeniero Mecánico del IUTEB, entre los cuales se destacan: a) Sólo el 26,7% del claustro dominan las herramientas CAD/CAE/CAM y el 16,7% las aplica en la enseñanza de las diferentes unidades curriculares; b) Sólo el 6,6% de las asignaturas tienen incorporadas a su plan temático herramientas CAD/CAE/CAM, de ellas sólo en Dibujo Mecánico e Ingeniería Asistida por Computador son reconocidas por los estudiantes; c) Todas las fuentes de información declaran las insuficiencias de los egresados en la aplicación de las herramientas CAD/CAE/CAM, teniendo como causas fundamentales: conocimiento, dominio y tiempo a la práctica de estas herramientas; d) Limitado vínculo IUTEB-sector empresarial del estado.

La validación por criterio de expertos, permitió demostrar la factibilidad y conveniente utilización de las herramientas CAD/CAE/CAM para el mejoramiento continuo de la malla curricular, orientada a alcanzar un mejor egresado.

## Referencias Bibliográficas

1- Vargas L, Contreras L. Consideraciones sobre la tecnología educativa en la enseñanza del diseño y manufactura en Ingeniería Industrial; 2010. [Documento digital]. [Consultado Septiembre del 2013].

2- Rojas O, Salas J, De la Cruz E, Marín P, Mejías P. Enseñanza del diseño asistido por computador en la Facultad de Ingeniería Industrial, UNMSM; 2008. Consultado en febrero 10 de 2013 en: <http://revistas.concytec.gob.pe/>

## Autores:

### **José Gregorio Mejias Torres**

Instructor, Máster en Diseño y Fabricación asistidos por computadoras (CAD/CAM) del Instituto Universitario de Tecnología del estado Bolívar (IUTEB), Venezuela.

