

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,
Volumen 9, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5

**PROPUESTA DE INCORPORACIÓN DE
LA ESPECIALIDAD DE COMPATIBILIDAD
ELECTROMAGNÉTICA EN CURSOS
UNIVERSITARIOS DEL ÁREA STEM PARA
APOYO A LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA
EN MÉXICO**

**PROPOSAL TO INCORPORATE THE
ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY SPECIALTY
INTO STEM UNIVERSITY COURSES TO SUPPORT
THE ELECTRONICS INDUSTRY IN MEXICO**

Moisés Isaac Espinosa-Espinosa
Universidad Nacional Autónoma de México

Propuesta de Incorporación de la Especialidad de Compatibilidad Electromagnética en Cursos Universitarios del Área STEM para Apoyo a la Industria Electrónica en México

Moisés Isaac Espinosa-Espinosa¹

mee@ciencias.unam.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5954-1985>

Facultad de Ciencias

Universidad Nacional Autónoma de México

México

RESUMEN

Este artículo presenta una propuesta para incorporar la especialidad de compatibilidad electromagnética (Electromagnetic Compatibility, EMC) en los cursos universitarios nacionales del área STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics: ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), para satisfacer la demanda de la industria electrónica mexicana en dicha especialidad. El objetivo de la propuesta es establecer un marco que le permita al taller de la cámara semianecoica de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (TCSA-FC-UNAM) establecer una red de colaboración y enlace interna y externa en contexto de EMC. La estrategia de cooperación interna de la propuesta da prioridad a la colaboración dentro de la comunidad académica de la UNAM, que abarca sus diversas facultades e institutos de investigación. Asimismo, la propuesta incluye un enfoque de cooperación externa que fomenta la colaboración con otras instituciones académicas y con la industria electrónica. El alcance de la iniciativa abarca los ámbitos de la enseñanza, la investigación y el desarrollo (I+D) desde un nivel de licenciatura hasta el doctorado. La propuesta prioriza la formación de capital humano cualificado a través de programas de educación formal y especializada. Además, busca brindar apoyo directo a la industria electrónica mexicana mediante servicios de consultoría profesional.

Palabras clave: compatibilidad electromagnética, industria electrónica, interferencias electromagnéticas, emisiones electromagnéticas, inmunidad electromagnética

Proposal to Incorporate the Electromagnetic Compatibility Specialty Into

¹ Autor principal.

Correspondencia: mee@ciencias.unam.mx

STEM University Courses to Support the Electronics Industry in Mexico.

ABSTRACT

This article presents a proposal to integrate the specialty of electromagnetic compatibility (EMC) into national university courses within the STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) fields to meet the growing demands of the Mexican electronics industry. The proposal aims to establish a framework that will enable the semi-anechoic chamber workshop at the Faculty of Sciences of the National Autonomous University of Mexico (TCSA-FC-UNAM) to create a network for internal and external collaboration regarding EMC. The internal cooperation strategy focuses on fostering collaboration within the UNAM academic community, which comprises various faculties and research institutes. Additionally, the proposal outlines an external cooperation strategy to encourage partnerships with other academic institutions and the electronics industry. The initiative covers education, research, and development (R&D) at both the undergraduate and doctoral levels. The proposal highlights the importance of cultivating qualified human capital through formal and specialized educational programs. Furthermore, it aims to provide direct support to the Mexican electronics industry through professional consulting services.

Keywords: electromagnetic compatibility, electronics industry, electromagnetic interference, electromagnetic emissions, electromagnetic immunity

Artículo recibido 25 agosto 2025

Aceptado para publicación: 25 setiembre 2025



INTRODUCCIÓN

La industria electrónica en México es un conjunto de compañías que diseñan, ensamblan, fabrican, desarrollan y proveen productos y servicios relacionados con la electrónica. Estos productos y servicios se encuentran presentes en los distintos mercados que conforman la industria electrónica nacional y mundial.

Esta industria ha presentado cambios importantes en las últimas décadas para adecuarse al fenómeno de la globalización. Particularmente, dos hechos importantes han promovido y acelerado estos cambios; el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), en inglés *North American Free Trade Agreement (NAFTA)*, entre México, Canadá y los Estados Unidos de Norte América y su “reemplazo”, el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEX).

El TLCAN entro en vigor el 1 de enero de 1994 (Tratado de libre comercio de América del Norte, 1994) y el T-MEX entró en vigor el 1 de julio de 2020, (Tratado entre México, Estados Unidos Y Canadá, 2020). En Estados Unidos el T-MEX es denominado; *United States-Mexico-Canada Agreement*, USMCA (*United States-Mexico-Canada Agreement, 2020*) y en Canadá es llamado *Canada-United States-Mexico Agreement*, CUSMA, o *Accord Canada-États-Unis-Mexique ACEUM*, (The Canada-United states-Mexico agreement, 2020).

Asimismo, la implementación de programas mexicanos de fomento industrial con enfoque en la importación temporal para la reexportación y la inclusión de la industria electrónica mundial al Sector Electrónico - Informático (SE-I) favorecieron a este sector. El fenómeno de la globalización permitió en las décadas de los ochenta y noventa que las exportaciones mundiales de la industria electrónica y equipo de comunicaciones, como parte del SE-I, igualaran a las exportaciones de la industria química. Para 1995, la industria electrónica rebasó las exportaciones de las industrias automotriz, metalmecánica y química, (Calderón Martínez, M. G., & Flores Paredes, J. 2012, Ordóñez Sergio, 2000).

Así mismo, en la nueva era de la información, particularmente el desarrollo de software se convirtió en una nueva fuerza productiva de las empresas, derivando en una nueva división intersectorial del trabajo. Esta división fue vertical, y específica, permitiendo que las empresas que se encargaban de la manufactura, diseño de productos y componentes, como los fabricantes de equipo original (Original Equipment Manufacturing, OEM) y fabricantes de diseño original (Original Design Manufacturing,



ODM) se enfocaran en actividades de diseño, comercialización y distribución de marcas, alejándose de las actividades de manufactura. Las actividades manufactureras fueron desarrolladas por un nuevo sector llamado contratistas manufactureros (Contract Manufacturer, CM). Estos brindaron alta tecnología, optimización de la cadena de suministros y establecieron canales de distribución globales (Calderón Martínez, M. G., & Flores Paredes, J. 2012, Ordoñez, 2004). Este proceso favoreció a la creación de empresas proveedoras de servicios para la producción como servicios de asistencia técnica y administrativa. Servicios que fueron contratados por las empresas OEM - ODM y CM, (Ernst, 1997, ProMéxico Inversión y comercio, 2013).

Cuando el sector SE-I logró globalizar sus operaciones, se instauró un nuevo orden entre los países, las regiones y las localidades que se integraron a dicho sector. Con este orden, se desarrolló un escalamiento industrial y procesos de aprendizaje tecnológico. Estados Unidos de América lideró este sector. Japón y Alemania no se adaptaron fácilmente. China emergió como una potencia económica en ascenso con un fuerte impulso. Europa del este y las naciones escandinavas se transformaron en áreas de creciente importancia. Países como Israel e India sobresalieron en el sector del desarrollo de software. Irlanda y México lo hicieron en la industria electrónica.

En México la industria electrónica estaba formada por dos sectores industriales; el “de maquila” y el de sustitución de importaciones. En sus inicios, la industria de maquila se apoyó en una combinación de los sistemas de una agricultura vieja y de una industria de fines de los años sesenta. Esta industria solo ensamblaba productos fabricados en otras plantas industriales.

Desde la década de los cuarenta, la industria electrónica de sustitución de importación en México apareció como consecuencia de la demanda de fabricación de aparatos de radio y sus componentes. Desde los años cincuenta hasta los ochenta, esta industria se dedicó a la fabricación de televisores y sus componentes, concentrándose así en el sector de la electrónica de consumo. En la década de los ochenta, este sector amplió su fabricación a radios, televisiones, material de sonido, discos y bandas magnéticas alcanzando casi el 50% de la producción total de la industria mexicana, (Pérez Núñez, W., 1991). La producción nacional de televisores en blanco y negro fue casi del 95%, de televisiones a color estuvo entre el 85 y 90%, y de equipo audiovisual alrededor del 70%.



Debido a la demanda de aparatos telefónicos generada por Teléfonos de México (Telmex), el sector de telecomunicaciones ha desarrollado una competencia tecnológica y una flexibilidad de adaptación a las condiciones del mercado, logrando una considerable integración de empresas a nivel nacional como Ericsson (desde la década de los cincuenta), Alcatel-Indetel y Nippon Electric Company, NEC, (Calderón Martínez, M. G., & Flores Paredes, J. 2012).

Desde 1970, la industria electrónica de maquila ha tenido una participación importante en la producción de la industria maquiladora mexicana; en 1975 tuvo una participación del 65.15% y en 1985 fue de 61.5%. (Ordoñez Sergio, 1994). Sin embargo, esta industria fue de ensamble y subensamble enfocada en la exportación hasta finales de la década de los ochenta. En consecuencia, ocupó un lugar periférico en la industria electrónica global, concentrando su actividad en la fabricación de productos electrónicos para el consumidor.

A principios de la década de los ochenta, la industria electrónica en México se desarrolló debido a la ocurrencia simultánea de dos sucesos: el primero, la apertura comercial del segmento industrial de sustitución de importaciones, y segundo, del desarrollo de la división internacional del trabajo y su efecto sobre la industria local de maquila. La rápida desregulación comercial en México impulsa una transformación industrial acelerada.

Durante los años 90, las maquiladoras de los sectores automotriz y electrónico evolucionaron, pasando de ser simples ensambladoras a empresas con una integración vertical completa, abarcando desde el diseño hasta el producto final (Carrillo, J y Hualde A., 1997, Cabrera Escobar Virginia, 2004).

Ordoñez (1994) afirma, que se cambió de un “modelo” de formación de la industria por sustitución de importaciones, de organización de la totalidad de ramas y cadenas productivas en el espacio nacional y de orientación de la producción al mercado interno fundamentalmente, a un “modelo” de formación de la industria por fraccionamiento y relocalización de la producción, de organización industrial internacional en espacios económicos más o menos extendidos y de orientación de la producción a los mercados internacionales, (Ordoñez Sergio, 1994).

Con este cambio, la industria de la sustitución de importaciones se transformó a la modalidad de industrialización permitiendo la aparición de la nueva industria de maquila.



La División Internacional del Trabajo (DIT) posibilitó que la industria electrónica maquiladora, además del ensamble, asumiera tareas de mayor complejidad como la manufactura y diseño de productos.

En la década de los noventa, tres acontecimientos internacionales favorecieron a la nueva industria electrónica en México; a) cambio en la división del trabajo interindustrial en el SE-I, b) el TLCAN, y c) crisis en los países asiáticos. Estos acontecimientos permitieron un aumento de la inversión extranjera, y la relocalización (nearshoring) de la industria electrónica internacional que estaba instalada en el sudeste asiático al territorio nacional. Esto último se dio debido a la cercanía geográfica con Estados Unidos de América, y a la apertura comercial que México había tenido desde décadas anteriores. Esto vislumbró la posibilidad de una integración industrial regional para el abastecimiento del mercado de dicha región.

A finales de la década de los noventa, estos cambios generaron un incremento sin precedentes en las exportaciones, en la inversión extranjera y en la producción de la industria electrónica. La industria electrónica exportó un 23% de las exportaciones manufactureras. La inversión internacional en el sector alcanzó el 20% de la inversión total, y la producción en la industria manufacturera fue casi del 16%. Desde 1992 hasta 2000, la industria electrónica mostró un crecimiento considerable en sus exportaciones y en su intercambio internacional. Convirtiendo el déficit comercial de las décadas anteriores en un superávit. Durante este periodo, la industria electrónica mexicana amplió nuevamente su oferta con la producción de computadoras y equipo periférico, electrónica de consumo, de componentes, semiconductores, y equipo de telecomunicaciones como telefonía alámbrica e inalámbrica.

El auge de la industria electrónica en México impulsó el crecimiento económico del país, llevándolo a convertirse en uno de los principales exportadores a nivel mundial, situándose en la décima posición, superando a naciones como Francia, Canadá e Italia. Sin embargo, este auge fue afectado por la recesión mundial del 2000, la cual provocó una desaceleración en la propia industria mundial y mexicana (Ordoñez Sergio, 1994, Cabrera Escobar Virginia, 2004).

Sin embargo, la industria electrónica mexicana presentó las siguientes características; prerrogativas a empresas transnacionales en todos los sectores industriales, desarrollo incipiente de un enfoque integrado de diseño y producción, inserción internacional basada en bajos costos laborales, mayor



A partir de 2012, la industria electrónica y las empresas de desarrollo de software, mexicanas y extranjeras, han diversificado su presencia en México, (Asociación Mexicana de Parques industriales Privados, A.C., Mapa de ruta nacional de parques industriales 2024 - 2025.25, Fabricación de Componentes Electrónicos, 2025, INEGI, Indicador mensual de la actividad industrial, 2025, ProMéxico Inversión y comercio, 2014, Secretaría de Economía, 2012). La distribución de empresas se ha concentrado en la frontera y en los corredores del TLCAN / NAFTA/T-MEX con la infraestructura disponible, alcanzando cifras de exportación de productos electrónicos de hasta 75 mil millones de dólares. Los productos exportados van desde componentes hasta sistemas electrónicos funcionales. A partir de 2012, México se ha afianzado como un punto estratégico para la industria electrónica y de software de empresas nacionales e internacionales, como se observa en la figura 1.

Sonora
Amphenol **ATRONIX** **AVNET** **BELDEN**
BOSCH COMMScope **DAVID** **E.T-N** **flex**
General Cable **LIBRA** **Phonix**

Baja California
Amphenol **BELDEN** **BRADY**
Commscope COMMScope **Digital**
E.T-N **flex** **FOXCONN**
Hisense **Honeywell**
JVC **KYOCERA**
LG **NAVICO**
NEOTECH **PHILIPS** **plantronics**
poly **Schneider** **TECHMA** **SONY**

Culiacán
HK (Hokan Systems Inc.)

Durango
YAZAKI **YORK**

Zacatecas
SIEMENS **PACIFIC**
T (Tiang Group)

Aguascalientes
BOSCH **E.T-N** **flex**
TEC (Tecnología)

Jalisco
ANIKER **AVNET** **AVNTK** **BOSCH**
Continental's **E.T-N** **flex** **foxconn**
Golfet **IBM** **HP** **PHILIPS**
JABIL **molex** **PHILIPS**
Pioneer **pouze** **SIEMENS**

Chihuahua
Aerovox **ANIKER** **Smith** **BOSCH**
COMMScope **flex** **foxconn**
Honeywell **JABIL**
LEVITON **LEXMARK** **Likem**
NEOTECH **NAVICO** **OSRAM** **PAC GROUP**
SIEMENS **TATUNG** **TECMA** **YAZAKI**

Coahuila
General Cable **LENEX** **PAC GROUP**
SAN-LIA **TECMA**

Nuevo León
Amphenol **ANIKER** **Commscope** **COMMScope** **E.T-N**
embraco **Honeywell** **JABIL**
Lenovo **LG** **NAVICO** **OSRAM** **Panasonic** **Phonix**
PHILIPS **Pioneer** **Schneider** **Schneider** **SIEMENS**

Tamaulipas
ALPINE **Amphenol** **Commscope**
COMMScope **flex** **JABIL**
Kinoh **NAVICO** **OSRAM** **Panasonic**
PHILIPS **TECMA** **YAZAKI**

San Luis Potosí
ABB **BOSCH** **E.T-N**
Honeywell **TECMA**

Guanajuato
BOSCH **SCHNEIDER** **TECMA**
PRETTL **SIEMENS** **TECMA**
TECO

México
ANIKER **BOSCH** **COMMScope**
E.T-N **ERICSSON** **Honeywell** **NAVICO**
OSRAM **THOMSON** **tyco**

Querétaro
ANIKER **BOSCH** **DIEMH** **E.T-N**
SCHNEIDER **ERICSSON** **flex**
IBM **COMMScope** **AVNET** **Parlor**
PRETTL **SEW** **SIEMENS**

Tlaxcala
General Cable **Schneider**

Yucatán
FILCO **NEUTRONICS**

La industria electrónica en México ha generado externalidades positivas y derramas de conocimiento especializado que han favorecido al desarrollo electrónico nacional y han contribuido al despliegue de la industria de software. Esta industria se ha transformado gracias a la colaboración estratégica entre el sector público, el académico y el empresarial.

Actualmente, en México dominan cinco sectores que componen la industria electrónica, estos son: consumo, componentes electrónicos, computadoras personales, equipo de telecomunicaciones, equipo industrial, médico y aeroespacial. La producción global de electrónica de consumo masivo domina. Estos productos representan millones de dólares en exportaciones e Inversión Extranjera Directa (IED). Compañías que desarrollan artículos usando alta tecnología como circuitos modulares para equipo de telefonía, unidades de procesamiento, equipo de computación, conmutadores telefónicos o computadoras portátiles, han estado operando en México desde la década de los setenta. Las empresas pioneras en descubrir y aprovechar las ventajas para la industria electrónica en México, fueron las firmas como Burroughs y Motorola. En los setenta, ambas compañías establecieron plantas de maquiladoras, incubando a lo que 20 años después se transformaría en el “Silicon Valley” mexicano, en la ciudad de Guadalajara. Actualmente existen más de 730 plantas manufactureras relacionadas con la industria electrónica en México. La mayoría de los proveedores de servicios más importantes a nivel mundial tienen presencia en México, incluyendo firmas como Jabil Circuit, Celestica, Sanmina SCI y Flextronics (Ordoñez Sergio, 2005, Secretaría de economía, 2012, Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, CANIETI, 2024, Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia, FUMEC, 2024).

En la década de 2020, un fenómeno económico mundial vislumbra un beneficio directo a la industria electrónica mexicana. El nearshoring implica trasladar operaciones a países próximos (como México) al mercado final, para aprovechar la cercanía geográfica, reducir riesgos, costos asociados a la lejanía, mano de obra barata y la reducción de tiempos para llegar con los consumidores finales. De igual manera hay incremento en la eficiencia, en la calidad y en la flexibilidad de los procesos productivos. Ante el auge repentino del fenómeno de relocalización (Nearshoring), la industria electrónica norteamericana busca contar con proveedores confiables en materia de servicios de la industria de las tecnologías de la información (Information Technology, IT), desarrollo e ingeniería de software entre



otras en México. Esta demanda se origina en múltiples factores, incluyendo la ubicación estratégica de México cerca de Estados Unidos, la compatibilidad de sus husos horarios y la abundancia de mano de obra (Durán-Fernández, R., 2023a, Secretaría de hacienda y crédito Público del Gobierno de México, 2023, Durán- Fernández, R. & Stein Ernesto, 2024, Vásquez Galán, Belem Iliana, 2024, Mayorga, Víctor & Vázquez Alamilla, Miguel & Moreno, Raúl & Hernández, María & Guzmán, Miriam & Gálvez, José, 2024).

El nearshoring ha favorecido al sector electrónico mexicano debido a la creciente demanda de productos, equipos y componentes electrónicos confiables para garantizar el correcto funcionamiento de empresas diseñadoras y fabricantes de sistemas electrónicos y de otros mercados que se relocizaron recientemente en México como Honeywell, BMW entre otras, (Guía de la industria química, 2024). Esto permite que la industria electrónica se fortalezca y de igual forma las cadenas de suministro requeridas por los productores.

De acuerdo con la Secretaría de Economía de México; durante el 2023, la industria electrónica a nivel mundial generó ventas alrededor de \$17,878 millones de dólares. En México, los estados de la república con mayores ventas internacionales fueron Chihuahua con \$3,510 millones de dólares; Baja California con \$3,370 millones de dólares; y Nuevo León con \$2,317 millones de dólares. Hay otras áreas como análisis de datos (big data), servicios de nube, ciberseguridad, soporte IT y desarrollo de software que también se verán beneficiadas en el corto plazo. Por si fuera poco, la manufactura de semiconductores y otros componentes *high-tech*, encabezan la lista de los sectores más propensos al “nearshoring” (secretaría de Economía, 2024, Gobierno de México, 2025).

Tal como se ha evidenciado en secciones previas, desde los años 70 hasta hoy, México ha desempeñado un papel clave como destino para la industria electrónica, lo que ha generado una demanda creciente de profesionales capacitados con distintos niveles de especialización en las áreas de ciencias aplicadas o tecnologías.

De acuerdo con las recomendaciones del Consejo de Empresas Globales (CEEG), México debería de modificar y actualizar sus modelos de enseñanza actuales en materias duras como las Matemáticas, y Física entre otras. Así como también en materias blandas como el inglés, trabajo en equipo, etc.



Promover la educación digital y fomentar la cultura emprendedora con el objetivo de que desde la educación básica se cuente con herramientas y habilidades que puedan satisfacer las demandas actuales, incluido el “nearshoring” (Empresas Globales, 2018, Consejo Económico, Social y ambiental de la Ciudad de México, CESACDMX, 2025).

El Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) y Fundación Friedrich Naumann (FNF) realizaron un estudio sobre la idoneidad de México para el nearshoring. El estudio se basó en el análisis de 21 variables distribuidas en cuatro áreas como mercado laboral, vivienda y servicios básicos, infraestructura y estado de derecho. De acuerdo con el estudio, los estados con mejor evaluación sobresalieron en las áreas de vivienda, servicios básicos e instituciones educativas. Los 10 estados de la república mexicana que tienen mejores condiciones para aprovechar las oportunidades de crecimiento originadas por el “nearshoring” son Nuevo León, Aguascalientes, Coahuila, Colima, Jalisco, Tamaulipas, Morelos, Yucatán, Sinaloa y Baja California Sur. No obstante, se debe de mejorar en otras áreas como el dominio del inglés, la disponibilidad de infraestructura hídrica para la industria, prevalencia delictiva, entre otros. ver figura 2 (Instituto Mexicano para la Competitividad, IMCO, 2024).

Con el objetivo de cubrir las necesidades que ha generado el nearshoring en México; diferentes universidades como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) entre otras, han implementado, actualizado y modernizado sus programas educativos referentes a estas áreas con el fin de adecuarse a las necesidades y exigencias actuales de la industria electrónica en México.

Al mismo tiempo, las diferentes universidades han conseguido un aumento constante en el número de graduados en los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM). Varias universidades mexicanas han teorizado que los títulos con gran demanda, como los de electrónica, electricidad, mecatrónica, sistemas informáticos, matemáticas, física, mecánica industrial, innovación y otros, tienen el potencial de facilitar el proceso de nearshoring a escala nacional.



Figura 2. Los 10 Estados de México con mejores condiciones para el nearshoring (IMCO, 2024).



Cabe mencionar que no toda la fuerza laboral requiere de un título universitario, así que también es relevante la formación técnica, que es la más demandada en varios sectores. En este rubro, el IPN a través de sus Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT) y el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) cubren esa demanda principalmente.

La industria electrónica y de software especializado en México demandan cada vez más capital humano cualificado en las áreas STEM, y se prevé que esta demanda siga creciendo en los próximos años.

Esto es especialmente cierto en áreas como la radiofrecuencia (Radio frequency, RF) y la compatibilidad electromagnética (Electromagnetic Compatibility, EMC). La primera se debe al creciente uso de sistemas de radiofrecuencia en los procesos de fabricación, producción y consumo de la industria electrónica.

En segundo lugar, todos los productos generados por la industria electrónica producen contaminación o perturbaciones electromagnéticas, en mayor o menor medida, con el fin de cumplir sus objetivos funcionales, ya sea de forma directa o indirecta. Esta contaminación puede dañar el dispositivo o sistema que la genera, así como otros dispositivos que se encuentren en sus proximidades. Esto ocurre cuando los dispositivos o sistemas que coexisten en un entorno definido tienen un diseño electrónico deficiente

desde el punto de vista de la EMC. En otras palabras, estos dispositivos carecen de los mecanismos necesarios para suprimir esta energía electromagnética. Esta contaminación electromagnética se conoce como interferencias electromagnéticas (Electromagnetic Interference, EMI), en el ámbito de la EMC. A pesar del crecimiento en todos los niveles de la industria electrónica en México en las últimas décadas y por ende de las interferencias electromagnéticas producidas por sus productos, se ha puesto poco énfasis a nivel nacional en generar capital humano capacitado en la disciplina de EMC. Es decir, la especialidad de EMC en México ha sido poco cubierta en los planes de estudios universitarios. Hay cursos que cubren dicha especialidad, pero a nivel maestría y doctorado como es el caso del departamento de ingeniería eléctrica de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI) de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del IPN (SEPI-ESIME, campus Zacatenco, 2025). En el departamento de Física de la Facultad de Ciencias (FC) de la UNAM se imparten clases teóricas-prácticas a nivel licenciatura que forman parte del temario del curso del laboratorio de Electrónica. En este último caso, estas clases no son obligatorias, tal y como se indica en el plan de estudios oficial. Por lo tanto, la decisión sobre la impartición de estas clases depende del profesor responsable de dirigir el curso de laboratorio (Facultad de Ciencias-UNAM, campus Ciudad Universitaria, 2025). La unidad de alta tecnología (UAT) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM campus Juriquilla, Querétaro, también ofrece un curso de EMC.

Esta falta de interés por impartir la especialidad de EMC en los cursos universitarios mexicanos ha dado lugar a que la mayoría de los graduados en STEM tengan un conocimiento limitado o nulo sobre los requerimientos que debe de tener un diseño electrónico en contexto de la EMC. Así como, los requisitos normativos de EMC que deben de cumplir todos los prototipos y sistemas eléctricos y electrónicos en México y en todo el mundo para su comercialización. Esto es de suma importancia para garantizar que estos prototipos no sean fuentes de interferencia electromagnética ni presenten una inmunidad electromagnética reducida, lo que los haría susceptibles a la EMI en el entorno de trabajo. Se ha demostrado que esta falta de conocimientos sobre el tema de la EMC provoca retrasos y gastos innecesarios durante el desarrollo de un proyecto o sistema eléctrico-electrónico.

Esto se debe a que cuando los entes reguladores del mercado nacional o internacional solicitan los certificados de cumplimiento en materia de EMC que demuestren que el equipo o sistema en cuestión



satisface las normativas vigentes, en muchos casos se carece de dichos certificados o los sistemas sometidos a las pruebas de certificación de EMC no cuentan con los requisitos de diseño para cumplir dichas pruebas. En este punto las correcciones o mejoras de diseño que requiere el sistema en cuestión para dar cumplimiento a los requisitos que demandan las normas no son triviales, ya que van desde correcciones menores hasta realizar un nuevo diseño. Esto se traduce en pérdida de tiempo e incremento en los costos de producción.

La especialidad de EMC no debe ser un complemento en el diseño electrónico como se ha manejado en México y en otros países emergentes, es una etapa fundamental del diseño electrónico que se debe desarrollar de forma paralela desde el inicio de un proyecto. De esta forma se garantizará que, a la conclusión de este, se cumplan los objetivos de funcionalidad, de seguridad y de EMC.

Para que esto último se cumpla, es necesario que la especialidad de EMC se promueva y se imparta como una materia obligatoria en todas las carreras universitarias STEM o a fines desde nivel licenciatura, fortaleciéndola a nivel maestría y doctorado. Con esto México tendrá capital humano calificado en dicha especialidad en los diferentes niveles educativos para satisfacer las necesidades de la industria electrónica en toda la cadena de producción; diseño, servicio y normalización.

Con el objetivo de ayudar a subsanar las carencias que los planes de estudio universitarios en México presentan en la área de EMC, y con base a la experiencia adquirida por alrededor de 15 años en el desarrollo de sistemas de RF y EMC, formar parte de comités de normalización en el desarrollo de normas mexicanas y apoyo a la industria electrónica nacional y transnacional localizadas en México a través del servicio de consultoría que proporciona el taller de la cámara semianecoica (TCSA) de la Facultad de Ciencias (FC) de la UNAM se presenta en este documento una propuesta de incorporación de la especialidad de compatibilidad electromagnética en cursos universitarios del área STEM para apoyo a la Industria electrónica en México basada en tres rubros docencia, investigación y desarrollo (I+D) y de servicios de consultoría. Esta propuesta cubre la vinculación del TCSA-FC con instituciones privadas y públicas para generar cursos, seminarios y servicios de consultoría en el área de EMC y afines. Esta propuesta se puede aplicar a otras disciplinas STEM como radio frecuencia, microondas, sistemas satelitales, etc.



METODOLOGÍA

Todos los sistemas eléctricos - electrónicos tienen como objetivo principal producir señales eléctricas de corriente y voltaje, y a su vez convertirlas o no a señales electromagnéticas para cumplir con sus propósitos de funcionalidad. Los sistemas que transforman las señales eléctricas son denominados sistemas radiantes y los que no las transforman son denominados sistemas no radiantes.

Los primeros están diseñados para trabajar con ambas señales; eléctricas y electromagnéticas o de RF, con parámetros eléctricos bien definidos como frecuencia, potencia, tipo de modulación, ancho de banda, etc., para poderlas transmitir o recibir de manera radiada en un medio como el aire o el espacio, sin afectar a su entorno. Algunos ejemplos de este tipo de sistemas son las emisoras de radio, de televisión, radares, teléfonos celulares, etc.

Los segundos están diseñados para trabajar solamente con señales eléctricas para transmitirlos o recibirlas de manera conducida, como una cafetera, un refrigerador, un taladro, etc. Esta clasificación sugiere que los sistemas eléctricos-electrónicos no generarían interferencias electromagnéticas durante su funcionamiento normal. Por lo tanto, su análisis y estudio desde un contexto de EMC sería trivial.

Ambos tipos de sistemas no tienen como objetivo secundario radiar energía electromagnética de forma aleatoria al entorno durante su funcionamiento normal. Sin embargo, de acuerdo con la teoría electromagnética la presencia de una corriente y un voltaje en un sistema eléctrico generaran un campo magnético y eléctrico, respectivamente. Es decir, que debido al principio básico de funcionamiento de un sistema eléctrico (flujo de corriente), se generara un campo electromagnético. Por lo tanto, un sistema puede afectar su entorno de forma no intencionada, es decir el campo electromagnético que es producido en el circuito debido al flujo de corriente para cumplir el objetivo de funcionalidad puede afectar al entorno cercano debido a los diferentes mecanismos de acoplamiento electromagnético (radiada, conducida, etc.) existentes entre los componentes eléctricos del mismo dispositivo, entre las pistas de la tarjeta de circuito impreso, entre el cableado interno, etc., o con componentes de sistemas cercanos. Todas las perturbaciones electromagnéticas generadas por los diferentes sistemas eléctricos que forman parte de la vida cotidiana de cualquier persona afectan en diferente medida a su entorno. Estas perturbaciones pueden afectar tanto a un sistema eléctrico susceptible, así como a los seres vivos (humanos, animales, etc.) que se encuentren inmersos en ese ambiente.



Las ondas electromagnéticas producen efectos biológicos diversos en los seres vivos, más allá de los efectos térmicos reconocidos (Asociación Española Contra el Cáncer, AECC, 2025, Instituto para la Salud Geoambiental, 2025, National Cancer Institute, NIH, 2025).

Con base a la teoría de circuitos eléctricos y al comportamiento electromagnético que un sistema eléctrico puede presentar en cualquier etapa de su vida útil, es de vital importancia investigar y analizar cualitativa y cuantitativamente los fenómenos electromagnéticos intrínsecos del mismo. Así, como también, los mecanismos de acoplamiento de campos electromagnéticos que dan pie a la generación de las posibles interferencias o perturbaciones electromagnéticas (EMI). Esta investigación y análisis se debe de realizar respetando las particularidades que cada sistema debe de tener en función a su área de aplicación. Con base a esta investigación y análisis se propondrán y se desarrollarán mecanismo y técnicas de solución a los problemas derivados de la transferencia de energía electromagnética indeseada.

Esta propuesta parece trivial, pero desde un contexto de EMC es una propuesta compleja que necesita de varios componentes para conseguir los objetivos planteados. Debido a la amplitud del estudio anteriormente propuesto, al alcance de la propuesta, considerando las actividades de la industria electrónica y de desarrollo de software en México se propone el siguiente proyecto de docencia, vinculación de investigación y desarrollo para el taller Cámara Semianecoica que trata de cubrir tres objetivos principales; docencia, investigación y servicio de consultoría, ver figura 3.

Vinculación académica: Docencia

El taller cámara semianecoica cuenta con la infraestructura necesaria para cubrir ensayos de emisiones e inmunidad electromagnética de acuerdo con las normas FCC CB P15, CISPR 11, CISPR 14, CISPR 22, EN61000-4-3, EN61000-4-4, EN61000-4-5, etc., además, de que el personal académico del taller cuenta con habilidades docentes, técnicas, y amplia experiencia profesional para desarrollar cursos académicos teóricos-prácticos relacionados a las áreas de Compatibilidad Electromagnética (EMC), Radiofrecuencia (RF) - Microondas, e Integridad de la señal, ver figura 4.



Figura 3. Objetivos académicos del taller cámara semianecoica de la FC-UNAM.

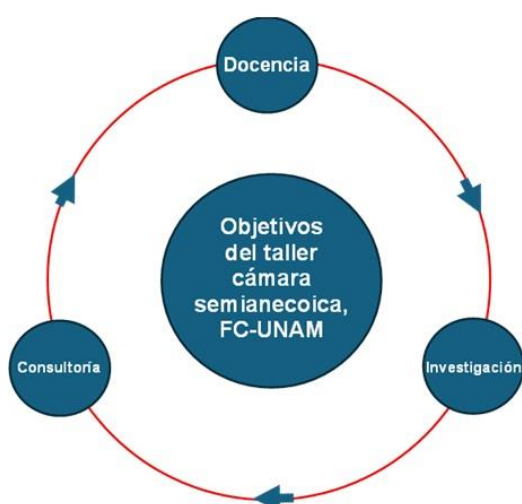
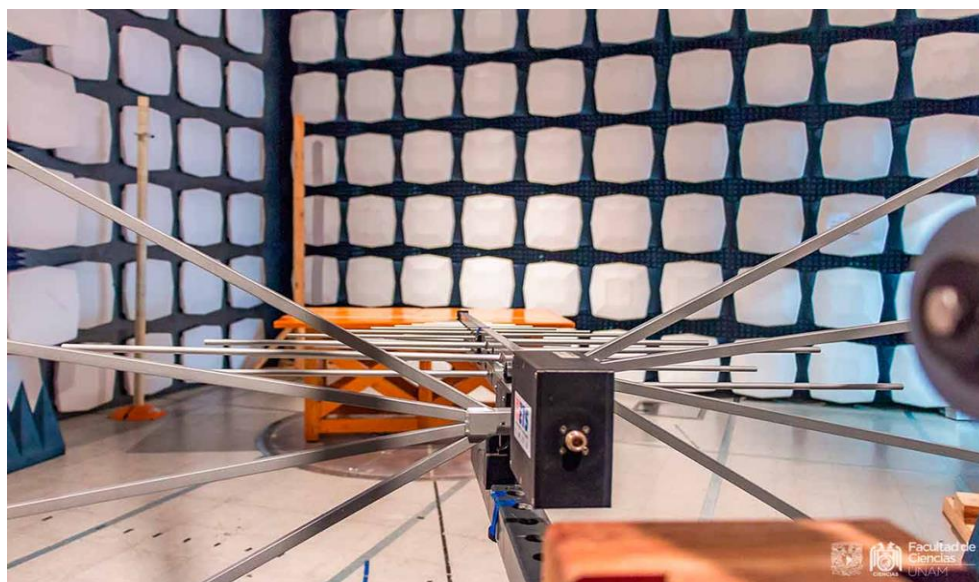


Figura 4. Cámara semianecoica de la FC (Facultad de Ciencias-UNAM, campus Ciudad Universitaria, 2025)



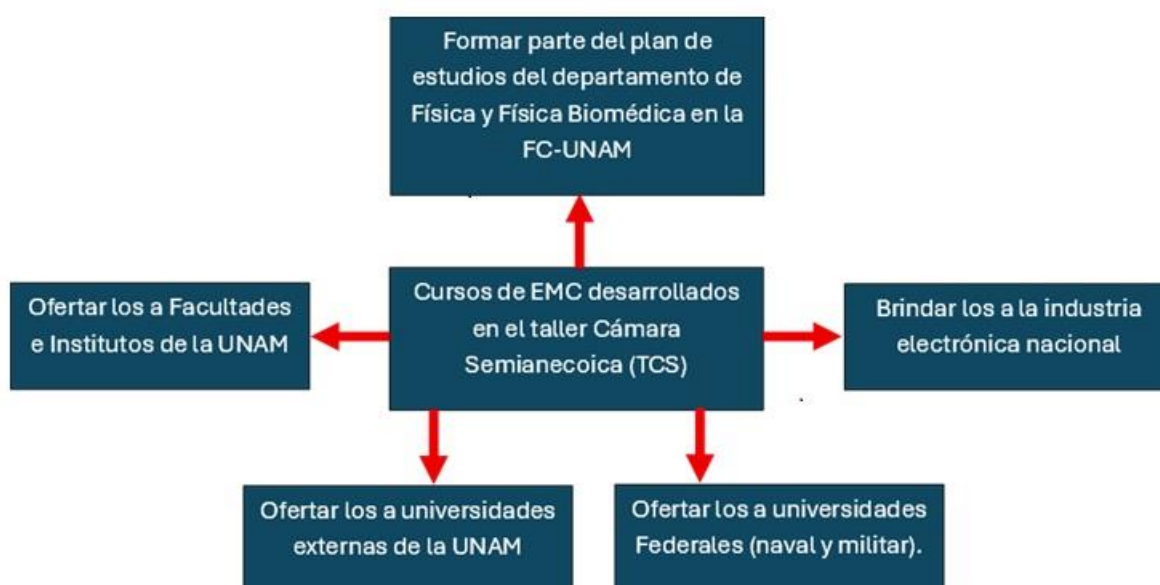
Estos cursos permitirán formar capital humano especializado en el diseño, análisis, detección e identificación de fenómenos electromagnéticos indeseados (EMI) generados en sistemas eléctricos-electrónicos. De igual forma en el área de normalización.

Los cursos deberán de tener un enfoque tal que permitan abordar problemas reales de diseño e identificación de problemas de EMI que se presentan en los diferentes niveles de la industria electrónica nacional. Así como en el proceso de normalización y certificación de productos. De ahí, la importancia de establecer una vinculación proactiva con la industria electrónica nacional. Con esta perspectiva el estudiante tendrá una formación integral y de calidad.

Esta propuesta docente involucra a la Facultad de Ciencias (FC) de la UNAM, y a todas las instituciones universitarias propias de la UNAM o externas cuyo plan de estudios sea afines a la electrónica. Así como también a la industria electrónica. Esta propuesta se engloba en cinco incisos, ver figura 5;

- a) Incluir los cursos de EMC que desarrollara el personal académico del taller en la oferta de cursos que brindan los departamentos de Física y Física Biomédica de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
- b) Ofertar los cursos de EMC del taller a otras facultades e institutos de la UNAM, cuyo plan de estudios involucre el diseño electrónico – eléctrico. Estos cursos pueden ser en la modalidad de seminarios y cursos externos con validez curricular.
- c) Brindar los cursos de EMC del taller a universidades externas a la UNAM, cuyo plan de estudios involucre el diseño electrónico – eléctrico. Estos cursos pueden ser en la modalidad de seminarios y cursos externos con validez curricular.
- d) Presentar los cursos de EMC del taller a universidades federales como la naval y la militar de México. En cuyo plan de estudios involucre el diseño electrónico – eléctrico. En la modalidad de seminarios y cursos externos con validez curricular.
- e) Ofertar los cursos del taller a personal de la industria electrónica nacional o transnacional. Como cursos de capacitación y seminarios.

Figura 5. Diagrama de la propuesta de vinculación docente del taller Cámara Semianecoica de la FC-UNAM.

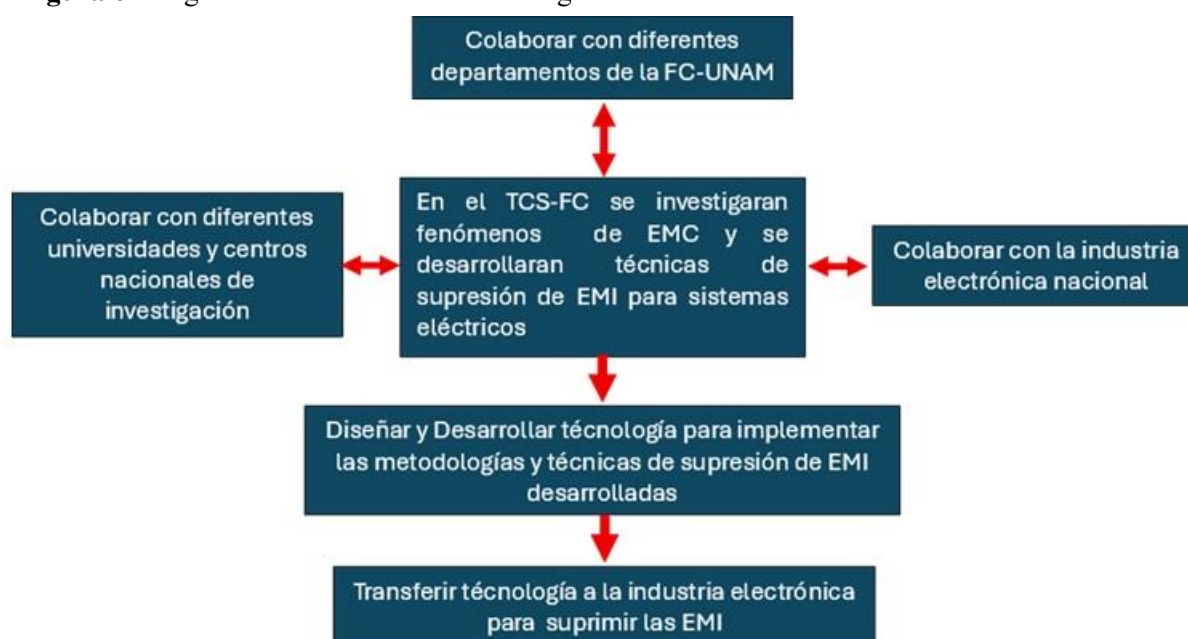


Vinculación académica: investigación - desarrollo

Para poder entender y determinar cuáles son las fuentes de las posibles interferencias o perturbaciones electromagnéticas indeseadas (Electromagnetic Interference, EMI) y los mecanismos de acoplamiento para la transferencia de estas perturbaciones entre los componentes o sistemas eléctricos es necesario desarrollar investigación básica en el estudio de los fenómenos electromagnéticos involucrados en el funcionamiento de un sistema eléctrico.

Esta investigación permitirá el desarrollo de metodologías y técnicas que determinen las causas y las posibles soluciones de una forma sencilla y precisa. A su vez, esta investigación generara el desarrollo de tecnología adecuada para la implementación de las metodologías desarrolladas, y tecnología que se pueda transferir a la industria electrónica para la solución de las perturbaciones electromagnéticas indeseadas desde el inicio del proceso de producción de un sistema eléctrico. Para desarrollar este tipo de investigación se deben de establecer convenios de vinculación internos y externos a la FC. Es decir, en el contexto interno, establecer lazos de colaboración con los departamentos de electromagnetismo, de electrónica, de electricidad, computación y áreas a fines a la EMC. Externos; establecer lazos de colaboración con universidades expertas en la materia con el objetivo de realizar una investigación integral y que cubra diferentes áreas de aplicación como la médica, satelital, telecomunicaciones entre otras, ver figura 6.

Figura 6. Diagrama de vinculación de investigación - desarrollo del taller Cámara semianecoica.



Vinculación académica: Servicios de consultoría

La propuesta de vinculación referente a la consultoría para solucionar problemas de EMC se basa en la oferta de servicios que el taller cámara semianecoica ha brindado a las industrias nacionales y trasnacionales de electrónica ubicadas en la república mexicana por casi 12 años. Esta propuesta se divide en dos partes;

- a. La primera es continuar, fortalecer y formalizar los vínculos de consultoría que el taller ya tiene con la industria electrónica nacional a través de convenios de colaboración entre los interesados.
- b. La segunda es generar nuevos intereses en áreas de reciente desarrollo dentro de la industria electrónica mexicana para poder ofrecer los servicios de consultoría. Como son la aeroespacial, desarrollo de software, de transporte (ferroviaria, autos eléctricos, etc.) y todo su ecosistema, entre otras.

Los servicios de consultoría que el taller ha brindado y que puede seguir brindado se pueden englobar en dos vertientes:

- a. Servicios de prueba de diseño de prototipos eléctricos, electrónicos y electromecánicos.
- b. Servicios de pruebas de EMC de precertificación de sistemas eléctricos, electrónicos y electromecánicos.

En el primer caso; el objetivo principal es que el taller brinde a los diseñadores, e ingenieros de desarrollo de la industria electrónica un apoyo y retroalimentación en el diseño, desarrollo y fabricación de sistemas eléctricos con cumplimiento a las normativas de EMC vigentes para una futura pre o certificación de producto. Así como, una caracterización electromagnética en las diferentes etapas de desarrollo de producto. Esta etapa puede ser la más exigente en cuanto al uso de la infraestructura del taller.

Para este tipo de servicios no es necesario que el taller este certificado o acreditado. Sólo es suficiente que la cámara y los equipos eléctricos de medición involucrados estén en buen estado y sus certificados de calibraciones estén vigentes. El taller ha utilizado este modelo de servicio para apoyar a la industria electrónica mexicana desde el 2005.



En el segundo caso; el objetivo principal es que en el taller se realicen caracterizaciones o ensayos electromagnético con base a una norma oficial mexicana o internacional de certificación de producto. Cumpliendo con todos los requisitos eléctricos y de EMC que demanda la norma oficial en cuestión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La propuesta de proyecto de docencia, investigación y desarrollo (I+D) y de vinculación del taller cámara semianecoica de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México con instituciones privadas y públicas para generar cursos, seminarios y servicios de consultoría en las áreas de EMC y afines tiene como sustento la experiencia adquirida en la especialidad de EMC que el personal del taller de la Cámara Semianecoica de la FC-UNAM ha acumulado por alrededor de 12 años a través del desarrollo de sistemas de RF y EMC, apoyo en la caracterización de prototipos y proyectos universitarios, miembros activos de comités de normalización para el desarrollo de normas mexicanas y apoyo a la industria electrónica nacional y transnacional localizadas en México.

Con respecto al área de docencia y vinculación universitaria se han impartidos clases de EMC como parte de cursos de electrónica a estudiantes de la FC. Así mismo se ha propuesto una metodología para la impartición del curso de Laboratorio de electrónica del departamento de Física de la FC con un enfoque constructivista del aprendizaje e implementación de la metodología STEAM (Espinosa-Espinosa, Moisés Isaac, 2022).

También se ha apoyado en la caracterización de varios prototipos y proyectos eléctricos - electrónicos referenciados a diversas áreas de aplicación como Telecomunicaciones, Radiofrecuencia, Microondas, Física básica, coherencia experimental entre otras. Estos trabajos son proyectos de fin de carrera, tesis de licenciatura, de maestría y de doctorado de estudiantes de las Facultades de Ciencias e Ingeniería, del Programa Espacial Universitario (PEU) de la UNAM, del SEPI-ESIME-IPN, del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) entre otras.

En el ámbito de investigación y desarrollo se han estudiado algunos fenómenos de EMC para determinar los mecanismos que permitan reducir o controlar las EMI en sistemas eléctricos -electrónicos sencillos. Así mismo, se han desarrollado herramientas de hardware – software con el fin de automatizar algunos procesos de medición de acuerdo con las normas de EMC e implementado otros que facilitan las actividades diarias en el taller, como el diseño y fabricación de antenas de corneta y de parche, sondas



de campo cercano para la medición de EMI. También se ha desarrollado un proyecto denominado laboratorio remoto que permite operar diferentes equipos de medición de señales eléctricas de forma remota utilizando el protocolo de comunicación TCP/IP (Espinosa-Espinosa, M. I., 2022).

Con respecto a las consultorías que el personal del taller ha brindado a la industria electrónica desde el 2005. En la tabla 1 se presentan las áreas de aplicación de las empresas a las que se les ha brindado el apoyo y el tipo de prueba realizada. Cabe mencionar que el taller no tiene certificación, ni acreditación oficial en la realización de ensayos de EMC. Sin embargo, la rigurosidad y cumplimiento absoluto de los requisitos eléctricos, administrativos y condiciones de prueba que exige una norma oficial mexicana o internacional de EMC durante la ejecución de un ensayo, se han cumplido cabalmente. Por lo cual se puede decir que las pruebas realizadas en el taller han sido pruebas de precertificación. Actualmente, el personal del taller está realizando la gestión correspondiente para cumplir los requisitos de acreditación y certificación del taller.

Los resultados satisfactorios de los ensayos de EMC realizados en el taller a diferentes prototipos de empresas nacionales han permitido que éstas, envíen sus prototipos a evaluar a laboratorios certificados nacionales e internacionales y obtener la certificación de sus productos.

Como se puede observar en la tabla 1, se ha brindado consultoría a empresas de diferentes ámbitos del entorno de la industria electrónica mexicana como la de telecomunicaciones, médica, electrodomésticos, eléctrica, equipo de oficina, etc. Recientemente se ha apoyado a nuevos sectores como el de coherencia espacial y aeroespacial universitaria en la caracterización de módulos de telemetría y antenas.

Tabla 1. Tipos de servicios de consultoría de EMC brindados por el TCS-FC-UNAM a la industria electrónica nacional y transnacional.

Área	Ensayos electromagnéticos.
Telecomunicación	a) Pruebas de inmunidad de campo radiado de RF EN61000-4-3. b) Obtención de patrón de radiación a antenas tipo Yagi-Uda, monopolo y patch. c) Medición de factor de antena y ganancia de antenas tipo Yagi-Uda, monopolo y patch.
Médica	a). Emisiones (EMI) radiada y conducida en conformidad con las normas o estándares internacionales: FCC CB P15, CISPR 11, CISPR 14, y CISPR 22. b) Pruebas de inmunidad en conformidad con las normas EN61000-4-2, EN61000-4-3, EN61000-4-EN61000-4-5, EN61000-4-6, EN61000-4-8 y EN61000-4-11.

Electrodomésticos	Emisiones (EMI) radiada y conducida en conformidad con las normas o estándares internacionales: FCC CB P15 y CISPR 14.
Eléctrica.	a) Emisiones (EMI) radiada y conducida en conformidad con las normas o estándares; FCC CB P15. Part. B y C, CISPR 11, CISPR 14, y CISPR 22. b) Pruebas inmunidad en conformidad con las normas EN61000-4-2, EN61000-4-3, EN61000-4-4, EN61000-4-5, EN61000-4-6, EN61000-4-8 y EN61000-4-11.
Equipo de oficina	a) Emisiones (EMI) radiada y conducida en conformidad con las normas o estándares internacionales; FCC CB P15, CISPR 11, CISPR 14, y CISPR 22. b) Pruebas de inmunidad en conformidad con las normas EN61000-4-2, EN61000-4-3, EN61000-4-4, EN61000-4-5, EN61000-4-6, EN61000-4-8 y EN61000-4-11.

CONCLUSIONES

Debido a los diferentes fenómenos económicos mundiales que han favorecido a la industria electrónica nacional en las últimas décadas, y al hecho de que todos los sistemas eléctricos - electrónicos producen un nivel de interferencia electromagnético (EMI) que puede afectar el rendimiento del propio equipo, equipos externos y seres vivos que se encuentran en el entorno cercano. Es necesario que la disciplina de EMC se aborde con seriedad y con el mismo peso específico como se hace con otras materias universitarias como la Física, las Matemáticas entre otras. Con el objetivo de formar capital humano capacitado y especializado en los diferentes niveles educativos técnico, de ingeniería, de maestría y doctoral que puedan atender la demanda nacional con respecto a esta área, ya sea desde un contexto de diseño, desarrollo, mantenimiento, etc. La propuesta que se presenta en este documento intenta contribuir a reducir el sesgo existente en la formación de capital humano, investigación y consultorías existente en el territorio nacional en el contexto de EMC.

La disciplina de la Compatibilidad Electromagnética proporciona métodos y herramientas que coadyuvan a reducir, controlar y contener las EMI que los sistemas o componentes eléctricos y electrónicos generan de forma intrínseca durante su funcionamiento normal para cubrir los objetivos de funcionalidad. En esencia, la EMC propicia un entorno compatible electromagnéticamente hablando, donde el objetivo principal es proteger equipos sensibles, y seres vivos para una correcta coexistencia en un entorno definido.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Asociación Española Contra el Cáncer (AECC), (2025). Recuperado de <https://www.gencat.cat/mediamb/sosten/telf/pdf/aecc.pdf>.
2. Asociación Mexicana de Parques industriales Privados, A.C. (AMPIP), Mapa de ruta nacional de parques industriales 2024 - 2025. Recuperado de www.ampip.org.mx/storage/es/Mapa%20de%20Ruta_compressed.pdf.
3. Cabrera Escobar Virginia. (2004). La industria electrónica en México, retos y perspectivas para una nueva inserción en el comercio internacional. Tesina. Recuperado de <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000600626/3/0600626.pdf>.
4. Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CANIETI), 2024. Plan maestro para el desarrollo de la industria de semiconductores en México 2024-2030. Recuperado de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://canieti.org/storage/PageBuilderFiles/Mdbs9xohDrXx8BFTwgQPVUFsgSalqz - metaUExBTiBNQUVTVFJPLUVTUEHDkU9MLnBkZg==-.pdf
5. Calderón Martínez, M. G., & Flores Paredes, J. (2012). Redes de conocimiento en empresas de la industria electrónica en México: una propuesta metodológica. *Economía: Teoría y práctica*, (37), 121-143. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2811/281126847005.pdf>.
6. Carrillo, J., y Hualde, A., “Maquiladoras de tercera generación. El caso de Delphi-General Motors”, *Comercio Exterior* 47, no. 9 (septiembre de 1997).
7. Consejo Económico, Social y ambiental de la Ciudad de México (CESACDMX), 2025. Desarrollo económico y oportunidades del Nearshoring para la Ciudad de México. Recuperado de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj<https://ces.cdmx.gob.mx/storage/app/media/2025/dictámenes/dictamenfinalcomisionordinariadesarrolloeconomicoyoportunidadesdelnearshoringparalaciudaddemexico.pdf>.
8. Durán Fernández, R. & Stein Ernesto, (2024). Nearshoring: tendencias y perspectivas de la reconfiguración de las cadenas globales de valor. Instituto tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), México. Recuperado de <https://egobiernoytp.tec.mx/es/blog/nearshoring->



[tendencias-y-perspectivas-de-la-reconfiguracion](#).

9. Durán-Fernandez, R. 2023a. Nearshoring: ¿Oportunidad histórica o moda pasajera? Escuela de Gobierno y Transformación Pública. Recuperado de <https://blog.egobiernoytp.tec.mx/nearshoring-oportunidad-historica>
10. Empresas Globales. (2018). México 2030 ante la cuarta Revolución Industrial: Propuestas para la productividad, el crecimiento y la inclusión social 2.0. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/352973/Agenda_CEEG_2017-con-carta.pdf.
11. Ernst, D., “What Permits Small Firms to Compete in High Tech Industries? Interorganizational Knowledge Creation in the Taiwanese Computer Industry”, Berkeley Round Table on International Economics (BRIE), working paper 98 (1997), e ídem, “From Partial to Systemic Globalization: International Production Networks in the Electronics Industry”, BRIE, working paper 98 (1997); M. Borrus y J. Zysman, “Wintelism and the Changing Terms of Global Competition: Prototype of the Future”, BRIE working paper 96B (1997).
12. Espinosa-Espinosa, Moisés Isaac. Didactic prototype for the implementation of the STEAM methodology in university electronics courses using the Arduino platform with a constructivist approach to learning. *Journal of Technology and Education*. 2022. 6-16:10-23.
13. Espinosa-Espinosa, Moisés Isaac. (2022). Laboratorio remoto: Control y operación de un osciloscopio Tektronix usando el protocolo TCP/IP. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 23(3), e1894. Epub 07 de noviembre de 2022. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2022.23.3.018>.
14. Fabricación de Componentes electrónicos, 2025. Recuperado de <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/industry/semiconductor-and-other-electronic-component-manufacturing>.
15. Facultad de Ciencias-UNAM, campus Ciudad Universitaria. 2025. Taller cámara semianecoica. Recuperado de <https://www.fciencias.unam.mx/vida-en-ciencias/instalaciones/instalaciones-academicas/talleres/camara-semi-anecoica>.
16. Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia, FUMEC, 2024. Oportunidades para el Nearshoring de Semiconductores en México. Recuperado de <https://fumec.org/semiconductors>.



17. Gobierno de México, 2025. Proyectos México Oportunidades de inversión, Nearshoring - relocalización. Recuperado de https://www.proyectosmexico.gob.mx/banco_del_conocimiento/nearshoring-relocalizacion/.
18. Guía de la industria química, (2024). Panorama y proyecciones para el sector electrónico 2024. Recuperado de <https://guiaquimica.mx/articulo/219/industria-de-electronicos-en-mexico-2024>.
19. INEGI, Indicador mensual de la actividad industrial, 2025. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/imai/>. Consultado en mayo de 2025.
20. Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), 2024. Nearshoring: Prioridades para el desarrollo regional. Recuperado de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2024/08/NearshoringEstados_Documento_20240814.pdf.
21. Instituto para la Salud Geoambiental, (2025). Recuperado de https://www.saludgeoambiental.org/radiaciones-electromagneticas-cancer/?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIidCQ8pKFjAMV7CJECB35bQc7EAAYASAAEg_LGMfD_BwE.
22. Mayorga, Víctor & Vazquez Alamilla, Miguel & Moreno, Raúl & Hernández, María & Guzmán, Miriam & Gálvez, José. (2024). El Impacto del Nearshoring en México: Una Oportunidad Competitiva. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 8. 4632-4647. 10.37811/cl_rcm.v8i4.12688.
23. National Cancer Institute (NIH), (2025). Recuperado de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/radiacion/hoja-informativa-campos-electromagneticos>.
24. Ordóñez, Sergio, “La Contrainte externe dans le Mexique contemporain. L’industrialisation et le bloc historique”, tesis de doctorado, Université de Paris VII-VIII (Paris, 1994).
25. Ordoñez Sergio. 1998. La nueva industria electrónica en México en el contexto del TLCAN. Recuperado de <https://ru.micisan.unam.mx> > bitstreams > retrieve.
26. Ordóñez Segio, 2004. “La nueva división interindustrial del trabajo y empresas electrónicas en México”, en *Globalización y cambio tecnológico. México en el nuevo ciclo industrial mundial*



- (México: Juan Pablos-U. de G.-UNAM-Profmex, 2004).
27. Ordóñez, Sergio. (2005). Empresas y cadenas de valor en la industria electrónica en México: Electronics Firms and its Insertion in Value Chains. *Economía UNAM*, 2(5), 90-111. Recuperado en 27 de mayo de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2005000200006&lng=es&tlng=es .
 28. Pérez Núñez, W., 1991. “L’Investissement direct international et l’industrialisation mexicaine”, Études du centre de développement, París, 1991.90.
 29. SEPI-ESIME-Ingeniería eléctrica, campus Zacatenco, 2025. Ciencias en Ingeniería eléctrica. Recuperado de <https://www.sepielectrica.esimez.ipn.mx/electronica.html>
 30. ProMéxico Inversión y comercio, 2014. Secretaria de economía. Industria electrónica. Recuperado de www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/76339/141216_DS_Electronico_ES.pdf.
 31. Secretaria de Economía, 2012. Dirección General de Industria Pesadas y de Alta Tecnología, Monografía Industria Electrónica en México. Recuperado de www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/monografia_industria_electronica_Oct2012.pdf.
 32. Secretaria de Economía, 2024. México avanza en el desarrollo del sector de semiconductores. Recuperado de <https://www.gob.mx/se/prensa/mexico-avanza-en-el-desarrollo-del-sector-de-semiconductores?idiom=es>.
 33. Secretaría de Hacienda y Crédito Público del Gobierno de México, (2023). Comunicado No.68 Gobierno de México fortalece inversiones por nearshoring en todo el país. Recuperado en <https://www.gob.mx/shcp/prensa/comunicado-no-68-gobierno-de-mexico-fortalece-inversiones-por-nearshoring-en-todo-el-pais>.
 34. The Canada - United States - Mexico agreement (CUSMA), 2020. Recuperado de <https://www.international.gc.ca/trade-commerce/trade-agreements-accords-commerciaux/agr-acc/cusma-aceum/index.aspx?lang=eng>.
 35. Tratado de libre Comercio de América del Norte (TLCAN), 1994. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/224500/2.4.1_TLCAN.pdf



36. Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), 2020. Recuperado de <https://www.gob.mx/t-mec>.
37. United States–Mexico–Canada Agreement (USMC). 2020. *Recuperado de* <https://ustr.gov/trade-agreements/free-trade-agreements/united-states-mexico-canada-agreement>.
38. Vásquez Galán, Belem Iliana. (2024). La inversión Nearshoring en México explicada por la brecha salarial con China. *Análisis económico*, 39(101), 23-41. Epub 10 de septiembre de 2024. <https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcs/ae/2024v39n101/vasquez>.

