

LAS CRISIS Y SUS REPERCUSIONES EN LA INGENIERÍA ELECTRÓNICA: LA HISTORIA JAMÁS CONTADA

Santiago Rojas Tuya*

RECEPCIÓN: JULIO DE 2017

APROBACIÓN: SETIEMBRE DE 2017

RESUMEN

El presente artículo describe las repercusiones de las crisis internacionales: la de los semiconductores, la de la economía global, la burbuja de tercera generación móvil (3G), la burbuja inmobiliaria, y otras, más bien nacionales, como la nacionalización de las empresas extranjeras, la hiperinflación, la privatización, el "Fujishock" y la creación de universidades-empresa (Ley de Promoción de la inversión en la Educación). Todo ello, en su conjunto, generó la disminución de estudiantes matriculados en la carrera de Ingeniería Electrónica, el déficit de Ingenieros Electrónicos, y un nuevo escenario de cambio y propuestas de mejora en la calidad educativa.

Palabras clave: crisis internacionales, crisis nacionales, universidad-empresa, internet de banda ancha, internet de las cosas

ABSTRACT

This article describes the repercussions of international crises: the semiconductor crisis, the global economic crisis, the third generation (3G) mobile bubble, the real estate bubble, as well as the crisis and other national causes: for the nationalization of foreign companies, by hyperinflation, by privatization, by the "Fujishock" and by the creation of universities-company (Law of Promotion of investment in Education), in the decrease of students enrolled in Electronic Engineering and the deficit of Electronic Engineers, with a new scenario of change and proposals for improvement in educational quality.

* Doctor en Educación (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú), Master of Sciences- MSc (Télécommunications et Electronique, UL Bruselas, Bélgica), magíster en Gestión de la Educación (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú), ingeniero electrónico (Universidad Ricardo Palma, Perú), exgerente de Fiscalización y Supervisión del OSIPTEL (Regulador de las Telecomunicaciones, Perú), director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y docente principal de la Universidad Ricardo Palma.

Introducción

En 1969, en los Estados Unidos, el desarrollo de los microprocesadores y circuitos integrados basados en dispositivos semiconductores marcó un hito importante en la industria electrónica a nivel mundial, por cuanto señalaron el despegue de la era digital y permitieron la fabricación de computadoras personales, que se masificaron rápidamente, así como la elaboración de equipos de comunicaciones e instrumentos de medición tanto de uso civil como de uso militar, con aplicaciones en el sector educativo y en el industrial, hoy transversales a todos los sectores.

Las empresas de bienes, las de servicios, y todos los usuarios tuvimos que migrar de tecnologías analógicas a tecnologías digitales. Entre ellas, las compañías de telecomunicaciones (“Telcos”) contaban con nuevas plataformas de centrales telefónicas fijas digitales, teléfonos digitales, y redes de transporte basados en redes de microondas con Jerarquía Digital Síncrona o SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) y posterior Fibra Óptica Síncrona (SONET) o Fibra Óptica SDH. Para poder utilizarlas, necesitaron cambiar el cable coaxial submarino intercontinental por el cable submarino con fibra óptica en todos los continentes. Asimismo, las plataformas satelitales evolucionaron de tecnologías analógicas a digitales; de esa manera, aseguraron servicios de radiodifusión por televisión, de observación, de comunicaciones, de Geo Posicionamiento Satelital (GPS) con voz y datos para localidades de difícil acceso terrestre (como era el caso de América del Sur). Las universidades que contaban con la carrera universitaria de Ingeniería Electrónica tuvieron que cambiar sus planes curriculares y su plan de estudios de acuerdo a los requerimientos del mercado y de la sociedad. De esa manera, las especialidades de Telecomunicaciones, y Automatización y Control se convirtieron en necesarias.

La industria electrónica continuó avanzando con la revolución de los servicios móviles celulares que, incluso, superaron en número de líneas a la telefonía fija. Por ello, se presentó el efecto de sustitución y creció la demanda de ingenieros electrónicos para trabajar en fábricas y planificar nuevos servicios que aplicaran la migración a nuevas tecnologías en instalación de equipos y de redes de comunicaciones; en despliegue de sistemas informáticos en las empresas y en las entidades del Estado; y en operación, mantenimiento y supervisión en la industria, empresas petroleras, eléctricas y de telecomunicaciones.

Otro hito muy importante fue el desarrollo del protocolo de internet (IP en inglés), o simplemente internet, desde ADSL (internet por el par telefónico de cobre), HFC (internet por la red de TV de paga, con cable coaxial) a la tendencia nueva a FTTH (internet por fibra óptica en las casas). Además, el internet móvil evolucionó desde GPRS (*General Packet Radio Services*), o 2.5G, hacia EDGE (*Enhanced Data rates for Gprs Evolution*), o 2.75G; luego, a la tercera Generación Móvil 3G, que creó una gran burbuja de crisis global en la industria electrónica, y a la Generación 3.5G con *High Speed Packet Access* (H y H+); hasta llegar a la actual Cuarta Generación Móvil 4G LTE, y la implementación de las “zonas Wi-Fi” a nivel global, con terminales *smartphone*, con *tablets*, *phablets*, *ultrabooks*, *notebooks*, *macbook* y *laptops* con una marcada tendencia a la convergencia de la electrónica y la informática, todo por Internet (IoT, IoA). Así, la sociedad de la información se desarrolla hasta convertirse en la sociedad del conocimiento, que otorga un mayor confort a la población y la industria, al sector gobierno y los demás, a nivel global.

La relación universidad-empresa (Ciencia y Tecnología) fue un factor clave en el desarrollo de la industria electrónica a nivel global. Sin embargo, las crisis internacionales y algunos eventos nacionales impactaron en la baja de estudiantes de Ingeniería Electrónica.

En el Perú, la Universidad Ricardo Palma, privada, se crea en el año 1969 considerando, entre otras, a la carrera de Ingeniería Electrónica. En Lima, esta carrera se impartía en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

En varios círculos se preguntan qué pasa con la ingeniería electrónica. En el presente artículo, se aborda el tema con “la historia jamás contada” y se encuentran respuestas interesantes a la interrogante planteada, dado que han habido múltiples crisis o eventos internacionales o nacionales que, en los 48 años transcurridos, han influido en el desarrollo del mercado de la Ingeniería Electrónica, tanto a nivel de empresas como de universidades, a tal punto que, en los mismos Estados Unidos de Norteamérica, otorgan decenas de miles de visas de trabajo para ingenieros electrónicos. Al respecto, Juan Lizárraga, experto de Manpower Group Perú, refiere que, por el lado profesional, se solicitará ingenieros civiles y de telecomunicaciones [1]. José Vizquerra, Gerente General de Buenaventura Ingenieros en el 2012, refería que había un déficit de cinco mil ingenieros [2], entre ellos electrónicos, y, en el Perú, durante el Foro de Telecomunicaciones realizado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma, en Setiembre de 2016, el Funcionario del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Ing. Jesús Rodríguez, mencionó que había un déficit de cuatro mil ingenieros electrónicos.

Para comprender mejor el tema, se debe tener en cuenta que los fabricantes de Asia, EE.UU y otras latitudes fabrican equipos, instrumentos y plataformas para el sector industrial con el fin de mejorar la operación y el mantenimiento (O&M) de empresas operadoras de múltiples servicios públicos y privados. Además, en América tenemos presencia de empresas transnacionales, entre ellas, en el área de control y automatización de ABB (Asea Brown Boveri), de Suiza; Siemens, de Alemania; Huawei, de China; y Samsung, de Korea. Asimismo, en telecomunicaciones, tenemos a Telefónica (Movistar), de España; Bitel, de Vietnam; América Móvil o Claro, de México; Entel, de Chile; y otras. Además, contamos con equipos de consumo masivo; para el sector Defensa; para el sector educativo, en cuanto a enseñanza superior universitaria; y para usos de internet, por lo que el impacto de las crisis en otros continentes afecta a la industria electrónica a nivel global.

En la primera parte, se explicará el impacto, a nivel mundial, de la crisis de los semiconductores y de las crisis internacionales en la industria electrónica, tanto la causada por la recesión mundial como aquella originada por la burbuja de la tercera generación (3G) en los años 2000.

En la segunda parte, se tratarán los eventos nacionales que influyeron en el mercado de la ingeniería electrónica, tales como los efectos de la nacionalización de empresas privadas durante el Gobierno Militar, de la hiperinflación, del “Fujishock”, de la privatización de empresas, de la Ley N° 882 del 8 de Noviembre de 1966 (Ley de Promoción de la Inversión en la Educación —para fines del presente artículo, creación de universidades-empresa o con fines de lucro—), de la falta de redes de transporte de Fibra Óptica para el Internet de Banda Ancha, y de la falta de decisiones políticas y regulatorias para mejorar la cobertura, calidad y atención a los usuarios de los servicios públicos de telecomunicaciones en el Perú. Hemos pasado del internet de banda angosta al de banda ancha, con nuevos usuarios de Internet: “las cosas” (IoT, en Inglés, *Internet of Things*), en la que, si bien cada aplicación es de banda angosta, proyecta la introducción de una gran cantidad de nuevos usuarios al número de usuarios actuales, con lo cual conseguiremos una gran demanda de acceso a internet de banda ancha, con hiperconexiones como gran desafío a atender en todo el mundo.

En la tercera parte, se expondrá el impacto de la disminución del nivel de enseñanza-aprendizaje en la educación básica (perfil del ingresante) y las alternativas de solución.

El artículo termina con propuestas que contribuyen con la pertinencia de la universidad frente a los nuevos requerimientos de la sociedad para enfrentarse a los desafíos de la formación en ingeniería electrónica.

1. Las crisis internacionales y su repercusión en la industria electrónica

1.1. La crisis de los semiconductores

Los semiconductores, como el silicio o el germanio, son materiales que no llegan a ser conductores, como el cobre o el aluminio (de alta conductividad eléctrica), pero tampoco son aislantes como el plástico o la madera seca. Sus múltiples usos, según el grado de “dopaje” o impurezas al que se los somete, pueden tener diversas aplicaciones y son importantes en el mundo de la enseñanza superior universitaria si se les trata desde física básica, pasando por los dispositivos electrónicos, hasta la física del estado sólido. En la industria electrónica contemporánea, los semiconductores, a partir de los diodos, se pueden aplicar en transistores bipolares, transistores de bajo ruido o LNA (*Low Noise Amplifier*), circuitos integrados, procesadores y memoria para almacenamiento de información, y tiristores utilizados en electrónica de potencia.

Entre 1978 y 1984, la producción mundial de circuitos integrados se incrementó de 6,7 mil millones de dólares a 26 mil millones y las empresas, desde 1978 hasta 1985, invirtieron desde el 5% de sus ventas hasta el 10% en I+D, lo que además permitió el crecimiento de la oferta de circuitos integrados y posibilitó el fuerte incremento de nuevas empresas, al borde de la saturación del mercado hasta 1987 [3].

Según el Fondo Monetario Internacional (FMI) en *Perspectivas de la Economía Mundial*,

...en los años 2000 y 2001 la desaceleración del crecimiento económico mundial estaba reduciendo la demanda de semiconductores y de varios productos primarios, provocando una baja de precios que ya estaban deprimidos [...]. Los “microchips” estaban cobrando cada vez más importancia en el comercio internacional y, si bien no son productos primarios, tienen muchas de sus características. La desaceleración mundial lesionó gravemente a la industria electrónica [4, p. 60].

En dicho período de crisis de semiconductores, estaba previsto el crecimiento del mercado de servicio móvil con la tercera generación de 3G. Lo que ocurrió en todo el planeta y agravó la situación de la ingeniería electrónica, por lo cual la industria fue duramente golpeada.

En los años 2008 y 2009, hubo otra crisis en el mercado de semiconductores y las ventas anuales decayeron hasta en 20% por año, lo que impactó negativamente en el crecimiento de la industria electrónica a nivel mundial. Debido a eso, el uso de computadoras personales, servidores, teléfonos inteligentes, dispositivos de consumo masivo (TV, Internet, etc.), e instrumentos y sensores en el mercado mundial disminuyó. Ello afectó fuertemente a la industria electrónica y a la ingeniería electrónica, ya que no se veía un crecimiento en la oferta del mercado ocupacional. Escaseaban la venta, la compra, la inversión y los planes de estudios universitarios con larga duración (que tampoco se habían actualizado). Al ser una carrera difícil que exigía el dominio de materias como Física y Matemática, y contar con poca movilidad laboral, aparecieron en su lugar carreras muy atractivas como ingeniería de software, informática, negocios globales, ninguna de ellas tan complicada como la ingeniería electrónica, que, además, contaban con una alta demanda ocupacional.

Sin embargo, en los años siguientes, hubo una recuperación progresiva del orden del 6% anual [5] y el binomio electrónica-informática fue clave para el desarrollo de nuevos mercados que utilizaban, cada vez más, el internet, los servicios de móviles, y la automatización, instrumentación y control en la industria. Según un estudio de Gartner,

Intel y Samsung lideraban los mercados e inclusive Intel se mantenía como líder de mercado (con un 13,8 por ciento), aunque con Samsung pisándole los talones (sic). Intel se benefició del incremento de demanda de ordenadores personales durante los dos primeros trimestres del año 2010 y creció un 24,6 por ciento. [6]

A ello se añade la presencia de la empresa americana Qualcomm como tercer fabricante de semiconductores. En el año 2014, el binomio electrónica-informática estuvo presente en múltiples segmentos de uso en todo el mundo, como se aprecia en la siguiente tabla:

TABLA 1. PORCENTAJES EN LA DEMANDA DE SEMICONDUCTORES EN EL MERCADO GLOBAL 2014

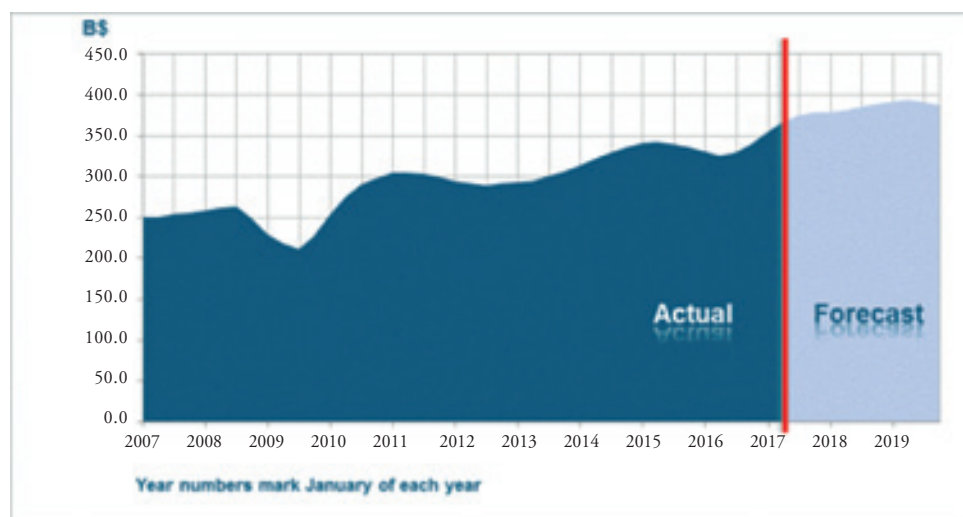
Segmento de uso	Porcentaje
Computadoras	34.0 %
Comunicaciones	32.5 %
Automatización	9.5 %
Industrial	9.7 %
Consumidor	14.3 %

Fuente: Semiconductor Industry Association, 2014

En la actualidad (noviembre 2017), las aplicaciones del binomio incrementaron los segmentos de aplicaciones de correo electrónico, descargas de las páginas web (con énfasis en los sectores Salud, Educación, Energía, Industria y Gobierno Electrónico), dispositivos para automotores, redes y comunicaciones para intercambio de información con acceso a bases de datos, y las hiperconexiones con múltiples *app* para consumo masivo, como *smart TV*, teléfonos inteligentes, redes HFC, FTTH y alternativas de entretenimiento por internet (Spotify, Napster, redes sociales, Netflix o WhatsApp). De esa manera, cambian las formas de comunicación en la sociedad, en particular en las familias, en los centros laborales y en las nuevas modalidades de enseñanza- aprendizaje semipresencial o virtual.

En mayo de 2017, según WSTS (World Semiconductor Trade Statistic) [7], “se alcanzó ventas Globales por más de 350 Billones de dólares americanos con tendencia (forecast) creciente en los próximos años”. Así se aprecia en el cuadro 1, lo que permite afirmar el crecimiento de la industria electrónica en el mundo. En el caso del Perú, vemos constantes novedades en los equipos electrónicos de consumo, entretenimiento, industria, enseñanza-aprendizaje contemporáneo, instrumentos, procesamiento de señales, y, pronto, el internet de todo.

CUADRO 1. VENTAS ANUALES DE SEMICONDUCTORES



Fuente: World Semiconductor Trade Statistic

1.2. La recesión económica mundial

Hubo tres crisis en la historia que implicaron recesión económica global: la burbuja de la Tercera Generación Móvil en el 2000; la crisis asiática en el 2002; y la burbuja inmobiliaria de Estados Unidos en el 2008. Como es conocido, existen efectos contagio que provocan desaceleración de la economía, que llegan a la recesión. De esa manera, las ventas bajan notoriamente, las compras disminuyen por prioridades en los gastos y las inversiones se ven paralizadas ante las incertidumbres. La recuperación tomó cerca de diez años, lo que impactó en varios sectores; entre ellos, a la industria electrónica.

1.2.1. La burbuja de la tercera generación móvil celular 3g en el 2000

A fines del año 1999, había una gran expectativa por la implementación de las redes móviles celulares de Tercera Generación para el año 2000, con el estándar IMT¹ 2000 en todo el planeta y con acceso a un internet de velocidad hasta de 2 Mbps, superior a EDGE, de 384 Kbps. Para lograrlo, se habían implementado fábricas con robots para la producción de nodos (estaciones bases celulares); grandes espacios para almacenamiento de la producción; fabricación, en grandes volúmenes, de componentes electrónicos para equipos de las plataformas de datos por internet y de radioenlaces digitales para los enlaces de los nodos con la oficina principal (también llamada *core*); y mano de obra calificada de ingenieros electrónicos y técnicos en todo el planeta. La Tecnología UMTS² de 3G fue la que se implementó.

Las empresas operadoras, principalmente las transnacionales europeas, pagaron fuertes montos, sin precedentes, por adquirir frecuencias del espectro radioeléctrico para la 3G (es decir, licencias para 3G UMTS). Rompieron montos históricos y sin *benchmark* posible, pero llegó el 2001 y no había pedidos importantes para las fábricas. Las empresas operadoras no instalaban nodos porque no existía la demanda esperada ni cobertura de 3G suficiente que sirviera en un *roaming* para viajero. Al haberse pagado fuertes montos por las licencias de frecuencias para 3G y sin la existencia de ingresos que compensaran los egresos realizados por la burbuja de la tercera generación móvil, se produjo un impacto muy negativo en las bolsas de valores de todos los países industrialmente desarrollados, con el correspondiente “desplome” de los valores de las acciones de todas las empresas. De esa manera, se ocasionó una crisis mundial en la industria electrónica, tanto en aspectos económicos como financieros.

Mientras se buscaba una solución a la debacle de la 3G, se tuvo que implementar la tecnología GPRS³, conocida como 2.5G o la evolución de GSM, para acceder a internet con una velocidad de hasta 144 Kbps, basada en la Red GSM (del inglés *global solution for mobile communications*), que soportaba voz (telefonía móvil), datos por conmutación de circuitos (CSD) hasta 9,6 Kbps y mensajes cortos escritos (SMS), pero no acceso a Internet. Progresivamente, se implementó la tecnología EDGE⁴. Asimismo, algunas empresas operadoras, como Bitel (Viettel, de Vietnam Telecom) en el Perú implementaron redes de 3G con la tecnología WCDMA⁵.

Las empresas operadoras seleccionaban a los fabricantes como socios estratégicos para el suministro de todos los equipos y soluciones requeridos, y ambos requerían de mano de obra calificada de las universidades; principalmente, de profesionales que provinieran de la ingeniería electrónica o las telecomunicaciones. Por lo tanto, esta crisis impactó fuertemente en empresas, fabricantes y universi-

1 IMT: International Mobile Telecommunications

2 UMTS: Universal Mobile Telecommunications System

3 GPRS: General Packet Radio Services

4 EDGE : Enhanced Data rates for Gsm Evolution

5 WCDMA: Wide Code Division Multiple Access

dades, sin dejar de lado a los sectores relacionados con la electrónica o las telecomunicaciones, como son la logística, las finanzas, las obras civiles, las torres, la energía AC y DC, con los Bancos de baterías respectivos y los sistemas de protección (pararrayos, luces de balizaje, pozos de tierra) y , por último, con los fabricantes de instrumentos de medición.

Atendamos a los acontecimientos debidos a la burbuja de la tercera generación móvil celular 3G, que afectó a todas las empresas operadoras de servicios móviles, entre las que son muy conocidas Telefónica Móviles, Orange (división móvil de France Telecom), Vodafone y TIM, lo que finalmente impactó en la industria electrónica y en las carreras de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones.

Una de las empresas operadoras transnacionales con presencia en América y, en particular, en el Perú es Movistar, que, en el año 2000, se conocía como Telefónica Móviles. Según la versión de Ramón Muñoz (publicado en el diario El País-Madrid el 16 de Agosto de 2004), obtuvo licencias para el uso de UMTS (3G), destinado a sus negocios móviles de 3G en Suiza, Austria, Italia y Alemania, para lo cual pagaron 6 485 Millones de Euros en el año 2000.

Para entender la debacle mundial, veamos, en cifras, el caso de Telefónica Móvil de España, que pagó, en Italia, 826 millones de euros por un espectro adicional de 5 MHz, es decir 165,2 millones de euros/MHz. Mientras tanto, en el Perú, se pagaron montos muy inferiores por frecuencias en la banda de 1900 MHz PCS y, para la cuarta generación móvil 4G LTE en banda AWS (Advanced Wireless Services), en la banda 1700/2100 MHz y en la Banda de 700 MHz [8]. Así puede apreciarse en la tabla 2.

TABLA 2. PRECIOS PAGADOS POR ESPECTRO

EMPRESA	PRECIO PAGADO (Millones)	ESPECTRO (MHz)	PRECIO/ MHz	PRECIO/ MHz/ Población
Telefónica Móviles. Italia, 3G. Euros	826	5	165.2	2,9
Telefónica Móviles. Perú, 4G. 1700/2100 US\$	152,2	40	3,8	0,126
Telefónica Móviles. Perú, 4G. 700 MHz US\$	315	30	10,5	0,35
Claro (América Móvil) 3G. 1900 MHz US\$	22,020	30	0,74	0,025

Fuente: Elaboración propia

Es importante considerar que, por razones de propagación en espacio libre de las ondas electromagnéticas, a mayor frecuencia habrá mayor atenuación. Por tanto, el alcance desde la estación base al terminal celular es menor cuando se emplean frecuencias más altas. Además, para cubrir un área determinada se requerirán más estaciones bases, lo que se toma en cuenta en el valor del espectro.

Una forma de expresar el valor del espectro radioeléctrico muy generalizado es: la siguiente fórmula: PRECIO por MHz por Población. En la tabla 2 se aprecia que Telefónica Móviles, en el caso de espectro para 3G, en Italia pagó 2,9 Euros/MHz/Pob. Contra US\$ 0,025/MHz/Pob. en el Perú (monto similar a Claro), lo que implica 116 veces considerando paridad euro-dólar, es decir, más de diez mil por ciento. Eso es similar a lo que ocurrió con otras empresas operadoras que pagaron precios

muy altos por las frecuencias de 3G y no consiguieron el retorno esperado, lo que originó la crisis mundial de la industria electrónica, que demandó más de 10 años para la recuperación.

Aún en Estados Unidos de Norteamérica, los precios para 3G no pasaron de 1US\$/MHz/ Población.

Si bien es cierto que existen diferencias de tamaño de mercado y modelos en los planes de negocios, también lo es que los altos precios pagados por la burbuja de 3G no tenían sustento técnico, por lo que las expectativas de negocios, el perfil de tráfico de datos (muy diferente a voz en ese momento), los contratos de pospago muy por debajo de lo esperado y con una economía en recesión, y un ARPU⁶ inflado influyeron en la crisis de la industria electrónica. A partir de eso, se hizo notoria la disminución de estudiantes matriculados en ingeniería electrónica y la falta de esos profesionales para la automatización y control, y para las telecomunicaciones en el período 2000-2010.

A partir del año 2011, con las subastas o concursos de precios de frecuencias para la cuarta generación, los precios fueron más reales. Con la actual necesidad de acceso a internet de banda ancha y con usuarios que utilizan redes sociales, correo móvil, web móvil, aplicaciones de entretenimiento (como Spotify, Instagram, WhatsApp, o Facebook), *mobile-learning*, videocolaboración web, teléfonos inteligentes, *tablets*, *phablets*, y *ultrabooks* con redes inalámbricas y red móvil, se inicia el nuevo crecimiento de la industria electrónica.

En la tabla 3 se muestran los precios más conservadores que se pagaron por espectro para la cuarta generación 4G en parte de Europa [9]:

TABLA 3. SUBASTAS EN 800 MHz EUROPA

País	Fecha subasta	Precio de Reserva (US\$/MHz/Pob)	Precio Final (US\$/MHz/Pob)
Francia	Dic. 2011	0,60	0,88
Italia	Sept. 2011	0,77	1,07
Portugal	Enero 2012	0,57	0,57
Suecia	Marzo 2011	0,23	0,44

Fuente: OVUM

TABLA 4: VARIABILIDAD DEL ESPECTRO EN AMÉRICA LATINA

País	Año	Banda de Frecuencia	Oferta	Recaudación (Millones US\$)	Precio C\$/ MHz/ Población	
Colombia	2013	2,6 GHz	100 MHz	145	3,06	
Perú	2013	1,7 GHz	80 MHz	257	10,51	
Argentina	2014	1,7 GHz	90 MHz	1000	25,85	
Brasil	2014	700 MHz	60 MHz	2410	19,49	
Chile		2014	700 MHz	70 MHz	22	1,77

Fuente: UIT, Foro Regional Económico y Financiero. Brasilia Junio 2016.

⁶ ARPU: Average Revenue Per User, en planes de negocios o "business Plans"

Asimismo, la Unión Internacional de Telecomunicaciones, durante el Foro Regional Económico y Financiero de la UIT de las Telecomunicaciones/TIC para América Latina y el Caribe, en Junio de 2016, en Brasilia, muestra que [10], a partir del año 2013, “el valor del espectro presenta una gran variabilidad” en los países de la Región, como se ve en la tabla 4.

Con la llegada de la cuarta generación móvil celular 4G LTE, el mercado de servicios móviles está creciendo. Por su parte, el crecimiento en despliegue de fibra óptica para el transporte nacional y el cable submarino de fibra óptica para el transporte internacional de internet hoy posibilitan el incremento con tendencia creciente de nuevas redes de acceso para internet de banda ancha en un nuevo escenario tecnológico y regulatorio, lo que demanda miles de ingenieros electrónicos para el futuro próximo.

1.2.2. La crisis asiática, su impacto en América Latina y en el Perú

Aún en países “blindados” por contar con buenas reservas internacionales contra crisis económicas o financieras externas, la crisis asiática, que se evidenció desde mediados de 1997, afectó a las inversiones, porque las principales empresas recortaban sus montos de inversión anual. Eso se debía a las variaciones del dólar y a los altos riesgos de no recuperarse rápidamente de sus inversiones. Los proyectos de inversión con endeudamiento externo también se afectaron porque los montos en bienes y servicios no alcanzaban para lograr lo presupuestado.

La industria electrónica y de telecomunicaciones fue fuertemente golpeada por esta crisis. Según la CEPAL, de Naciones Unidas,

Los efectos de la crisis del Asia se transmiten a América Latina por canales comerciales y financieros, afectan de forma disímil a distintos países, y motivan medidas de política en las áreas monetaria, financiera y comercial [11, p. 5].

En el caso del sector electrónico y el de telecomunicaciones, el impacto comercial fue muy fuerte, porque los fabricantes asiáticos fueron afectados y las exportaciones a América Latina disminuyeron. Sin embargo, los bienes mejoraban, con los años, en calidad y se avizoraba un crecimiento en competitividad para el futuro. Hoy es conocido que la mayoría de empresas compran productos a la empresa china Huawei o ZTE y la industria coreana (Samsung) también tiene importante crecimiento. Sin embargo, en las épocas de crisis, disminuyen significativamente las inversiones porque se dan otras prioridades o se buscan otros destinos.

Según la CEPAL, en su informe de trabajo del 16 de mayo de 1998,

la crisis asiática mereció el máximo esfuerzo en busca de soluciones por el Fondo Monetario Internacional, por el Banco Mundial y de todas las organizaciones a nivel global, porque se había evidenciado deterioro externo y rendimientos insuficientes de la inversión, dos factores causantes de la crisis, sobre los cuales existe relativo consenso, se suman otros que en su mayoría tampoco son enteramente ajenos a nuestra región [11, p. 13].

El bajo rendimiento de las inversiones era parte de la vulnerabilidad financiera y los inversionistas buscaban rápido retorno de sus inversiones (ROI, *Return of Investment*), por lo que modificaban montos y destinos de las inversiones.

En el mismo documento de trabajo, la CEPAL refiere:

A esto se agregó la saturación o el menor dinamismo de la demanda de determinados productos de la subregión, como los insumos de la industria electrónica, cuyos precios sufrieron un marcado descenso;

esto podría estar revelando una insuficiente capacidad para ampliar la gama de los productos de exportación y elevar su calidad. Por ello, las exportaciones sólo crecieron 5.6% en 1996, porcentaje muy inferior al crecimiento promedio entre 1990 y 1996, que había colocado a 8 [11].

En las épocas de crisis, indudablemente disminuyen las inversiones, las ventas, las compras, los volúmenes de fabricación y se presentan capacidad ociosa en las fábricas y baja de manda de mano de obra calificada (en nuestro caso, la de ingenieros electrónicos o de telecomunicaciones).

En el caso del Perú, las empresas operadoras de telecomunicaciones priorizaban sus inversiones a través de grupos de toma de decisión como “mesas de trabajo” y las escasas órdenes de compra de bienes o servicios se limitaban a Lima o a las obligaciones contractuales de cobertura que tenían por contrato de concesión. En particular, tocaba la digitalización de todas las redes y esto tomó más tiempo de lo previsto, debido a la crisis internacional. Además, en el Perú, se vivía la etapa de privatización de las empresas públicas y, en particular, del “modelo Perú”, empleado en la privatización de las telecomunicaciones, en las que una empresa no se enfrentaba a ninguna competencia durante cinco años en lo referido a la telefonía fija y al servicio portador de larga distancia nacional e internacional, por lo que la mano de obra calificada escaseaba, situación agravada por la ola de despidos en las nuevas empresas. Tanto así fue que muchos ingenieros electrónicos estuvieron en condición de desocupados o subempleados, lo que acentuó la demanda de nuevos ingresantes para estudios superiores universitarios de la especialidad.

El ingeniero electrónico peruano, a diferencia de los de otros países, tiene formación generalista y no especializada, lo que le permite adaptarse a las contingencias de los cambios o de las crisis. Sin embargo, en esa época, la demanda de ingenieros electrónicos o de telecomunicaciones había disminuido notablemente y se tuvo que esperar más de diez años para la recuperación del sector.

Por el sector industria, las empresas no podían migrar a las nuevas tecnologías por las prioridades frente a la crisis y se mantenían con sistemas electromecánicos e instrumentos y equipos analógicos. Eran contados los casos de modernización. No obstante, incluso si consideramos la necesidad creciente de modernización y que la crisis ya se ha superado, actualmente también hay déficit de ingenieros electrónicos orientados a la automatización y procesos industriales de la modernidad. Todas las empresas están automatizando y sistematizando sus procesos. Además, aplican nuevas tecnologías, por lo que se requiere conocimiento de sensores de todo tipo, instrumentación moderna con *networking* y manejo de aplicativos con software.

1.2.3. La crisis americana (la burbuja inmobiliaria) del 2008

Conocida como la peor crisis financiera de la historia, también impactó negativamente en varios sectores; en particular, en la industria electrónica y en el número de estudiantes de ingeniería electrónica en varios países; entre los que se considera al Perú.

Muchas personas se preguntan por qué la crisis inmobiliaria americana impactó en la industria electrónica. La respuesta es simple. Se debió a que, en la mayoría de hogares, se emplean computadoras fijas; *laptops*; *notebooks*; *smart TV*; televisión de paga; módem para acceso a internet ADSL (por par de cobre), por HFC (Híbrido Fibra óptica-Cable Coaxial) o FTTH (Fiber To The Home); artefactos electrónicos (refrigeradoras, ollas arroceras, cocinas, hornos, aspiradoras) con acceso remoto o con accesos por *wi-fi*; iluminación con focos LED; dióicos LED; alarmas con varios tipos de sensores; controles remotos; aire acondicionado y calefacción; y equipos de sonido. Por si fuera poco, en muchas casas de profesionales, se adecúan las oficinas para trabajo profesional “SOHO” (*Small Office Home Office*) con *switches*, *routers*, servidores, redes LAN, impresoras multifunción y puntos de acceso inalámbricos. Todo eso y más se dejó de adquirir. También las actualizaciones demoraron, debido a

la crisis; las empresas de acceso a internet o aplicaciones no podían implementar o ampliar las redes de comunicaciones por falta de compradores y redireccionamiento de las inversiones, lo que impactó en la industria electrónica y en la demanda de estudios universitarios relacionados con la ingeniería electrónica. De esa manera, disminuía el número de postulantes a universidades privadas y públicas; se incrementaban las deserciones de estudiantes matriculados y disminuían los traslados externos; la tasa de empleo disminuía y el poder adquisitivo de los trabajadores también disminuía, por lo que las carreras difíciles como la ingeniería electrónica (además, sin tanta posibilidad de movilidad laboral) ya no eran tan atractivas como antes. El sector industrial también fue afectado por la crisis, pues disminuían las ganancias. Así, no alcanzaba a modernizar sus plantas de producción y se restringían las inversiones por atender las prioridades de planillas y compromisos legales laborales e impuestos.

Según Luis Alegría⁷,

...la peor crisis estalló el 15 de setiembre de 2008, cuando el banco de inversión Lehman Brothers se declaró en bancarrota. A partir de ese momento Estados Unidos colapsó y luego le siguió el resto de economías desarrolladas. Todo comenzó en el 2002. El entonces presidente de los EE.UU, George W. Bush, dijo que parte de cumplir el sueño americano era tener una casa propia. Así, pidió ayuda al sector privado, con miras a que el mercado de capitales facilite el financiamiento hipotecario a personas de ingresos más bajos. En este contexto la herida causada por el atentado terrorista contra las torres gemelas aún estaba fresca, y la economía aún sentía el impacto de la crisis dotcom del 2000, que hizo colapsar a empresas de Internet. Tras el anuncio de Bush, la Reserva Federal-presidida por Alan Greenspan-redujo rápidamente las tasas de interés: de 6% a sólo 1% en unos cuantos meses. El dinero estaba tan barato que los 8,000 bancos y agentes hipotecarios iniciaron una agresiva expansión del crédito hipotecario. Este crecimiento de créditos alcanzó a personas a quienes realmente no debió alcanzar: la clase desfavorecida, sin ingresos, activos ni empleo. Este tipo de hipotecas fue bautizada como “hipotecas subprime”, que no solo eran activos tóxicos, con alta probabilidad de no pago. La facilidad para obtener un crédito hipotecario tuvo dos efectos. El primero fue que las familias se dedicaron a especular ampliamente con los precios de los inmuebles, y sobre todo con los costos de las hipotecas. La especulación llevó al desarrollo de una burbuja inmobiliaria, que infló considerablemente los precios. Esto también tuvo un efecto posterior. El valor de las viviendas era el respaldo de las hipotecas, incluyendo las subprime. Conforme aumentaban los precios, aumentaba el número de hipotecas. En paralelo, se estaba armando un proceso que convertiría a las hipotecas subprime en armas de destrucción financiera masiva. Estos activos tóxicos estaban siendo “empaquetados” con otros, creando una gran variedad de nuevos productos financieros. Estos nuevos activos (que en realidad eran tóxicos) se transaban libremente y sin ningún tipo de regulación. Fue así que los bancos de inversión empezaron a repartir sus paquetes de activos –cuyo contenido no conocía nadie– por todo el mundo. Esta dinámica de especulación y alza de precios llevó a un recalentamiento de la economía. En el 2003, la FED inició una subida de tasas de interés: de 1% en ese año, a 3% en el 2005 y hasta 5.5% en el 2006. Sin embargo esta iniciativa sería en vano. La economía norteamericana sufrió un “momento coyote”. Cuando el coyote persigue al correcominos en los dibujos animados, a veces resulta dándose cuenta que está corriendo sobre el aire. Cuando ve eso se precipita hacia el suelo. Eso fue exactamente lo que pasó en EE.UU. La burbuja hipotecaria estalló y, con ella, los precios de los activos se desplomaron. Al ver esto, las familias que estaban endeudadas optaron por devolver la casa al banco, pues les era mucho más barato hacer eso que seguir pagando un préstamo de US\$ 300,000, por una casa que ahora valía US\$ 50,000. Cuando una deuda no es pagada se conoce como default. Las familias incurrieron en default y ocasionaron grandes pérdidas a los bancos. A su vez, esta situación generó –naturalmente– un colapso en los portafolios de los bancos de inversión a nivel mundial, debido a que estaban plagados de las hipotecas tóxicas subprime. A raíz de todo este proceso, el lunes 15 de setiembre del 2008 fue que Lehman Brothers se declaró en quiebra, fuertemente golpeado por las pérdidas de los activos tóxicos. El pánico fue generado por el colapso de una entidad considerada demasiado grande para caer. A partir

7 <https://gestion.pe/economia/como-se-origino-peor-tesis-financiera-historia-2076165>

de ahí, es historia conocida en el mundo y los efectos de ello aún se perciben en los países avanzados, especialmente en Europa y Japón [12].

Pedro Aspe, en su artículo “Los orígenes de la peor crisis”, concluye lo siguiente:

Esta recesión tiene una intensidad enorme. Hay un colapso de todos los mercados y la desconfianza es total. El mercado interbancario no funciona y se generan círculos viciosos: los consumidores no consumen, los inversores no invierten y los bancos no prestan. Hay una paralización casi total de la que no se escapa ningún país. Por consiguiente es clave reconocer a la brevedad lo inevitable y obvio de la recesión global.

La incertidumbre es enorme pero si de algo podemos estar seguros es de que la recesión será profunda, larga y global [13].

El efecto contagio originó una fuerte crisis en Europa, a tal punto que hubo desempleo, redireccionamiento de las inversiones y las familias tuvieron que dar prioridades a la subsistencia antes que a los estudios, ya que se quedaron sin vivienda propia y endeudados. Normalmente, el negocio de los bancos no es ser inmobiliaria, pero tuvieron que afrontar la fuerte crisis generada en EEUU.

2. Los eventos nacionales y sus repercusiones en la industria electrónica

2.1. La nacionalización de las empresas extranjeras durante el gobierno militar

Antes del 3 de octubre de 1968, fecha en que se produce el golpe militar en el Perú, bajo el mando del general Juan Velasco Alvarado, no existía la ingeniería electrónica y el mercado laboral se atendía con ingenieros mecánico-electricistas.

El 9 de octubre de 1968, las fuerzas armadas ocuparon las instalaciones de la empresa norteamericana petrolera International Petroleum Company, expropiaron sus bienes y la explotación del petróleo. De esa manera, se inicia un periodo de nacionalización de empresas extranjeras. Se crea PetroPerú, Minero Perú, Electro Perú, Empresa Nacional de Telecomunicaciones (ENTEL Perú), entre otras.

Es así que las primeras promociones de ingenieros electrónicos tuvimos que trabajar en empresas estatales, que estaban caracterizadas por una fuerte burocracia y el marcado crecimiento del número de empleados. Eran entidades sin posibilidades de gestión empresarial eficiente y alejadas de la modernidad. Por el contrario, la operación y mantenimiento era la característica principal, que no apostaba por mayores inversiones ni innovaciones, lo cual incidía negativamente en los sectores productivos y en los servicios públicos.

Las empresas del mercado ocupacional de ingenieros electrónicos en el área de radiodifusión sonora y por TV tampoco realizaban renovación de equipos ni innovaciones tecnológicas. Aún se realizaban trabajos de campo para llevar la TV al interior del país y los canales implementaban redes repetidoras de TV con el consiguiente deterioro de la calidad de video, audio y color. Eso se debía a que no contaban con plataforma de transporte de microondas o de vía satélite para tal fin.

Los procesos industriales todavía funcionaban con tecnologías electromecánicas y con equipos e instrumentos también analógicos, todo lo cual encontraba un complemento con el estado del mercado ocupacional. No se apreciaba demanda laboral de ingenieros electrónicos en el interior del país, salvo en empresas públicas específicas que así lo requerían, como Centromin Perú, ubicada en el centro del país; Electro Perú; y PetroPerú, ubicada en la costa y la selva del Perú. En todas ellas, predominaba la ingeniería de control con tendencia a la automatización y las redes de comunicaciones analógicas

VHF/UHF⁸ (en el caso de las mineras) o microondas analógicas (caso de Entel Perú), vía satélite Domsat (en Entel Perú), vía satélite operativo en la selva (en PetroPerú) u onda portadora (caso de Electro Perú). Ese tipo de ingeniería sí contaba con mercado ocupacional a nivel nacional.

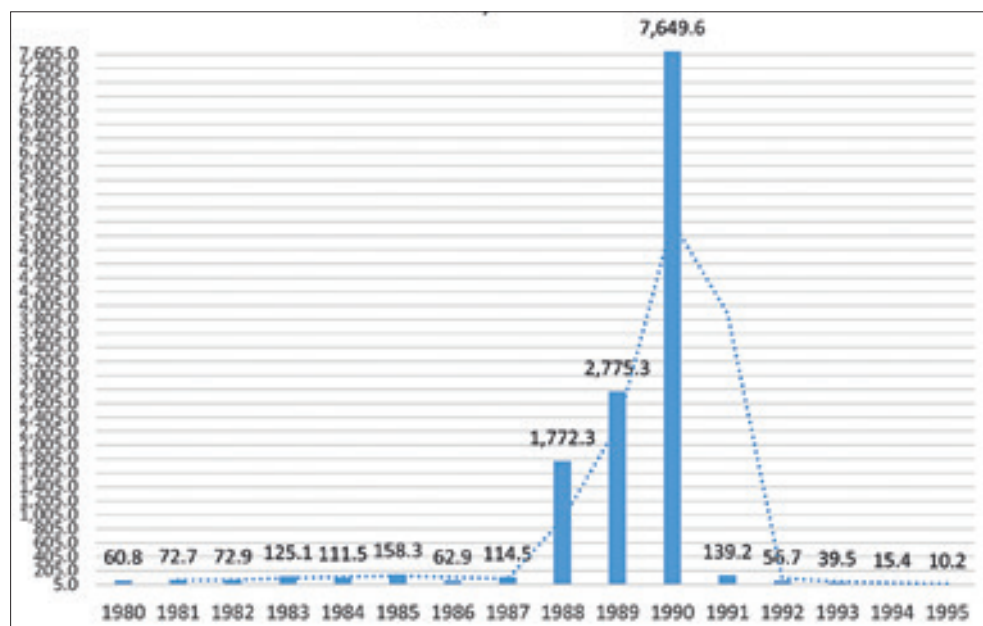
2.2. La hiperinflación en el Perú

Durante el primer gobierno de Alan García Pérez, la inflación aumentó de un máximo de 666 por ciento en 1988 a un nuevo record de 3,399 por ciento para 1989 [14]. En palabras de César Vásquez Bazán (Ex Vice Ministro de Economía),

Desde septiembre de 1986 y hasta mayo de 1989, durante treinta y dos meses consecutivos, la inflación anualizada se mantuvo en permanente y acelerado ascenso. En septiembre de 1986 fue 57%. En diciembre de 1986 llegó a 63%. En noviembre de 1987 sobrepasó 100% (exactamente 105%). En octubre de 1988 superó 1,000% (1,112%). En enero de 1989 superó 2,000% (2,281%). En marzo de 1989 superó 3,000% (3,414%). En abril de 1989 sobrepasó 4,000% (4,329%). En mayo de 1989 excedió 5,000% (exactamente 5,149%) [15].

En el siguiente cuadro, se puede apreciar la evolución de la hiperinflación:

CUADRO 2. HIPERINFLACIÓN EN EL PERÚ (1987-1990)



Fuente: INEI. Elaboración propia

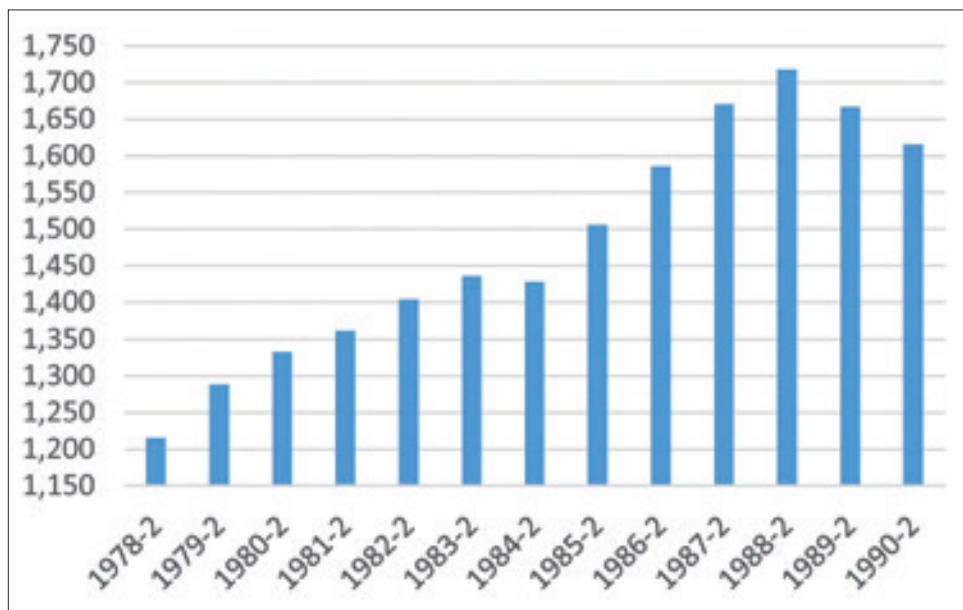
Durante el tercer y cuarto años de gobierno de Alan García, se creó una pérdida total del poder adquisitivo, se incrementó de forma inusual la cantidad de trabajadores en las empresas públicas, aumentó el desempleo, campeó el subempleo, se anuló la capacidad de inversiones y se jugó con prácticas especulativas generalizadas. Todo ello provocó una crisis económica y política con una hiperinflación

⁸ VHF: Very High Frequency (30-300 MHz) / UHF: Ultra High Frequency (300-3000 MHz)

nunca antes vista por nuestras generaciones, con la consiguiente disminución de estudiantes universitarios matriculados en universidades privadas y públicas.

En el cuadro 3, se aprecia el impacto de la hiperinflación en la caída de número de estudiantes matriculados en la carrera de ingeniería electrónica en la Universidad Ricardo Palma, desde 1988 a 1990.

CUADRO 3. MATRICULADOS IE-URP



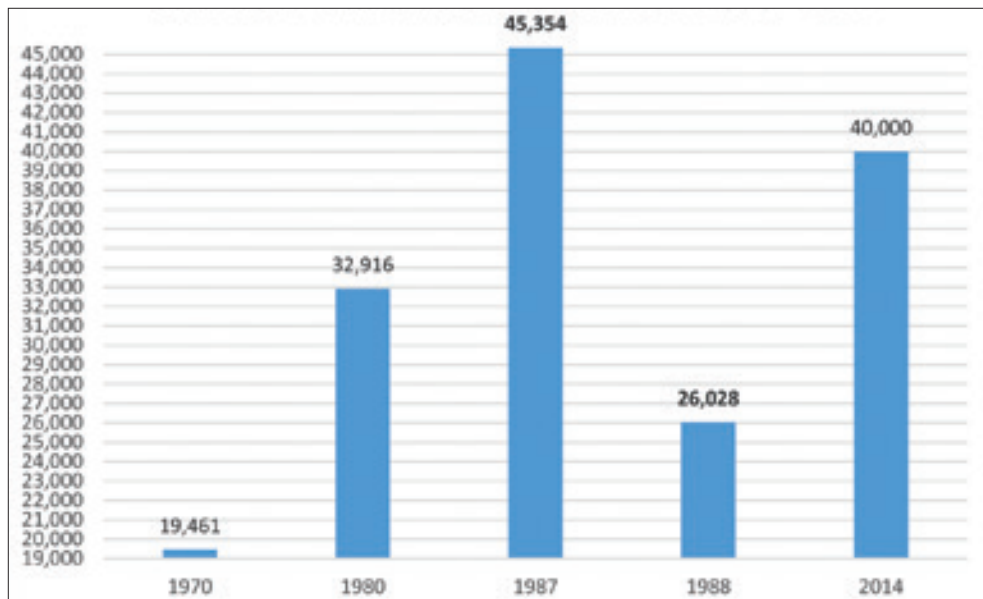
Fuente: OFICIC-URP. Elaboración propia

Comparando los cuadros 2 y 3, se aprecia una relación entre la subida exponencial de la hiperinflación en el período 1988-1990 y la disminución de estudiantes matriculados en la Universidad Ricardo Palma en la misma época.

En dicho período, también disminuyó el número de postulantes a universidades privadas, debido a las nuevas prioridades en los presupuestos de los padres de familia.

Asimismo, en el cuadro 4, que versa sobre los estudiantes matriculados en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) en el periodo que comprende el rango de años 1970-2014, se evidencia la disminución de alumnos. De 45 354 en el año 1987, llega a los 26 028 en el 2008, lo que demuestra que la hiperinflación afectó a las universidades públicas y, en mayor grado, a las universidades privadas. En el caso de la UNMSM, ya contaban con la carrera de ingeniería electrónica. La especialidad de telecomunicaciones se impartía dentro del plan de estudios de dicha escuela. Por el lado de la Universidad Ricardo Palma, se debe recordar que era la única que contaba y cuenta, hasta ña fecha, con un plan de estudios que comprende asignaturas obligatorias y electivas en telecomunicaciones y en automatización.

CUADRO 4. MATRICULADOS UNMSM 1970-2014



FUENTE: Oficina de Estadística e Informática UNMSM. Elaboración propia.

2.3. El “fujishock”

A fines de agosto de 1990, iniciándose el gobierno de Alberto Fujimori, ante la hiperinflación que dejó el anterior presidente, Alan García, el entonces Ministro de Economía, Juan Carlos Hurtado Miller, anunció una serie de medidas económicas conocidas como “el paquetazo” o “el Fujishock”.

El diario El Comercio, en su nota de redacción “Redacción ECO08.08.2015/10:14 am” comenta, luego de 25 años, lo que vivimos los peruanos:

Juan Carlos Hurtado Miller, ex ministro de Economía que anunció el **‘fujishock’** en 1990, consideró que la única solución para que el Perú se recuperara de la inflación de entonces era un ‘paquetazo’ de grandes proporciones.

Para la sociedad y para todo proceso económico, la inflación es un cáncer. No hay otra forma de desarrollar a un país si persiste la inflación. Eso [el ‘paquetazo’] era lo que había que hacer. Desgraciadamente, es muy doloroso”, dijo en diálogo con RPP.

El **‘fujishock’**, anunciado un día como hoy hace 25 años, ocasionó que los precios de los productos básicos escalaran vertiginosamente. El valor de la harina, por ejemplo, se multiplicó 6,8 veces, mientras que el costo de la gasolina se incrementó 30 veces.

A finales de agosto de 1990, al inicio del gobierno de Alberto Fujimori, el costo de la canasta básica familiar se quintuplicó respecto al que estuvo vigente a inicios del mismo mes. Hurtado Miller fue el encargado de ofrecer el discurso en el que se comunicaba la medida.

Pocas veces en el Perú o en cualquier parte del mundo se ha requerido de todos un sacrificio tan grande como el que ahora necesita el Perú [...] Es el precio que tenemos que pagar por lo ocurrido en los últimos años”, indicó. Luego remató su exposición con una histórica frase: “Que Dios nos ayude” [16].

Ante tal medida, era natural esperar un fuerte reajuste en las prioridades y en los presupuestos de las familias peruanas. Al igual que en otros países en el mundo ante las crisis económicas severas, las

prioridades en los presupuestos de los hogares se decantaron por la alimentación, la salud, la vivienda y la educación básica más no la superior. Ello impactó en forma de disminución en la cantidad de estudiantes universitarios matriculados en universidades públicas y privadas (deserción). De esa manera, se produjo un incremento en el ratio postulantes/ingresantes en las universidades públicas.

2.4. *Las privatizaciones o apertura de los mercados*

Según la CEPAL, "...hubo un hecho incontrovertible y es que las empresas públicas en el Perú a fines de la década de los ochenta registraban desbalances alarmantes en sus operaciones, con las consiguientes repercusiones sociales". Asimismo, en la misma publicación, se refiere que "el 60% de los activos de empresas estatales no financieras se concentraban en ELECTROPERÚ, ENTELPERÚ, PETROPERÚ y sus filiales" [17, p. 27].

En dichas privatizaciones, participaron empresas nacionales y transnacionales en varios sectores, incluyendo los sectores minero, de electricidad, de telecomunicaciones, de hidrocarburos y financiero, en todo el territorio nacional. La demanda de mano de obra especializada en ingeniería electrónica al interior del país, por su parte, era notoria por cuanto las empresas realizaban sus actividades productivas o sus ventas de bienes o de servicios a nivel nacional. También utilizaban sus centros de competencia, y atención de operación y mantenimiento en varios departamentos del Perú, por lo que aparecieron ofertas de ingeniería electrónica o de telecomunicaciones a nivel nacional (Universidad de San Martín de Porres, en Lima y luego en Chiclayo; Universidad Garcilaso de la Vega; Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; Universidad Nacional San Agustín, en Arequipa; Universidad Nacional del Altiplano, en Puno; Universidad Nacional de San Antonio de Abad, en Cusco; y Universidad Continental, en Huancayo) y el impacto de matriculados en ingeniería electrónica disminuía en algunas universidades privadas de Lima, como fue el caso de la Universidad Ricardo Palma, como se puede apreciar en el Cuadro 5, en el período 1991-1995.

2.5. *La ley n° 882 creación de universidades-empresa o con fines de lucro*

El sábado 9 de noviembre de 1996, se publica, en las normas legales del diario *El Peruano*, el Decreto Legislativo N° 882: "Ley de la Promoción de la Inversión en la Educación" [18], en cuyo Artículo 1° dispone: "La presente Ley establece condiciones y garantías para promover la inversión en servicios educativos, con la finalidad de contribuir a modernizar el sistema educativo y ampliar la oferta y la cobertura".

Sus normas se aplican a todas las instituciones educativas particulares, cualquiera que sea su nivel o modalidad; a los institutos y escuelas superiores particulares; a las universidades y escuelas de posgrado particulares y todas las que estén comprendidas bajo el ámbito del Ministerio de Educación. Sin embargo, no se indican las condiciones básicas de calidad educativa, por lo que existen en el Perú diferentes niveles de calidad educativa en la enseñanza superior universitaria.

2.6. *Nuevo escenario para la ingeniería electrónica*

La mayoría de universidades del país, para poder gestionar el licenciamiento, solo adecuaron sus planes de estudios a la nueva Ley N° 30220 [19], sin realizar previo estudio de mercado y sin participación de las empresas, de docentes ni de exalumnos. Por lo tanto, no reflejan la realidad de los nuevos requerimientos de la sociedad.

En el caso de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, existen megaproyectos que ingresan a la fase de ejecución, como son complementar los 13 400 Km de la Red Dorsal Nacional de Fibra

Óptica (RDNFO) para la capilaridad hacia las capitales de distrito, con la novedad de que no solo servirá para el transporte, sino que alcanzará al acceso. Esto significa añadir 30 000 Km de tendido de fibra óptica para conectarse a la RDNFO a través de proyectos de conectividad integral (acceso a internet de banda ancha) y desarrollo social de FITEL [20] en Apurímac, Ayacucho, Huancavelica y Lambayeque. Además, siete proyectos están listos para iniciarse en enero de 2018, lo que demandará unos diez años de trabajo para ingenieros electrónicos o de telecomunicaciones.

Asimismo, según OSIPTEL [21], el regulador de las telecomunicaciones, refiere que el sector telecomunicaciones crece sostenidamente y que la cobertura de la tecnología 4G se está incrementando. En este último extremo, es importante tener en cuenta que el internet de banda ancha requiere de manera obligatoria de una red de transporte con fibra óptica. Ahora, el despliegue de la cuarta generación se puede incrementar con los nuevos avances de tendidos de fibra óptica a nivel nacional. Además la fibra óptica permitirá mayor despliegue de redes híbridas fibra-cable coaxial-HFC para conseguir acceso a internet a 60 Mbps con las tecnologías de los módem, lo que demandará crecimiento y ocupación de más profesionales de nuestra especialidad por no menos de cinco años. Luego, a partir del 2020, podrá instaurarse la 5G (quinta generación móvil) y se requerirá de ingenieros electrónicos por cinco a diez años más.

Como es de conocimiento público, el Perú tiene previsto el “apagón de la TV analógica”, a más tardar, en el año 2020. De esa manera, todo el país tendrá acceso a la TV digital, lo cual permitirá pasar a IPTV o TV por Internet, con el crecimiento conjunto de acceso a internet de banda ancha y TV digital. Eso demandará la implantación de plataformas de IMS (*Internet Service Provider*) en la convergencia a internet. Actualmente, varios canales de TV ya están en digital, lo que permite emplear menor ancho de banda que la TV analógica. Por ejemplo, donde antes el canal 7 (IRTP) solo pasaba un canal analógico de TV, ahora transmite hasta cuatro canales digitales (7.1, 7.2, 7.3 y 7.4), y la tecnología permite alta definición (HD) y ultra HD. Incluso, pronto posibilitará el pasaje del 4K actual a 7K con una alta calidad de audio y de video. En este tema, la Universidad Ricardo Palma viene impartiendo tópicos de TV digital con laboratorios y docentes especializados.

Todos estos proyectos son para unos diez años, si los consideramos desde la preingeniería, la ingeniería definitiva, la instalación, la operación y el mantenimiento.

De otra parte, las empresas de actividades productivas en los sectores minero e industrial en general están modernizando sus plantas, y sus procesos con nuevos sensores, nuevas tecnologías para mejorar la producción, centros de control e instrumentación. También, parece que van a adquirir mucha más importancia la electrónica de potencia, la automatización con acceso remoto por internet (sumado al internet de las cosas), los nuevos sistemas de información gerencial, las nuevas bases de datos, los nuevos servidores de correo (tanto el de web como, en especial, el de aplicaciones) que van a requerir de redes LAN/WAN e *internetworking* y todas estas redes deben de operar entre sí con integración de sus plataformas a nivel de servicios web, razón por la que se requiere de ingenieros electrónicos y de telecomunicaciones.

Queda claro que es imperativo realizar un buen estudio de mercado ocupacional y las tendencias de la industria electrónica y de las telecomunicaciones para determinar los nuevos requerimientos de la Sociedad con el objeto de formular un nuevo plan Curricular para ingeniería electrónica y las telecomunicaciones.

3. Impacto del nivel de enseñanza-aprendizaje en educación básica regular en estudios de ingeniería electrónica y alternativas de solución

3.1. Bajo nivel en matemática y ciencias

Según el Ministerio de Educación, en el año 2009, más del 56% de la población de escolares de secundaria con quince años no superaba el segundo nivel de PISA⁹ en matemáticas y más del 52%, en ciencias. Esto representa un gran problema en la vida universitaria si eligen carreras relacionadas a las ciencias, en particular, las de ingeniería, por cuanto es un problema nacional y es causado por diversos factores, entre ellos, según el propio MINEDU, por problemas de enseñanza y aprendizaje, docentes con bajo dominio disciplinario especializado y didáctica, baja calidad educativa del currículo, y problemas sociales.

El Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación-INEE, de México, ha traducido PISA como Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes [21]. Es un estudio comparativo de evaluación de los resultados de los sistemas educativos para los países miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) y para los que deseen participar en forma voluntaria.

Es de conocimiento de la comunidad educativa nacional e internacional que, hasta antes de la prueba PISA 2015, el Perú ocupaba el último lugar y eso constituye un problema nacional.

La mayoría de estudiantes que culminan la educación básica regular (secundaria) y que desean estudiar alguna carrera de ingeniería, no han logrado el nivel requerido para iniciar una carrera dura como la de ingeniería. En particular, para ingeniería electrónica se requiere de conocimientos de matemáticas y ciencias en general, en especial física. Esto también es un motivo más por el cual disminuye el número de postulantes y de estudiantes matriculados en esta carrera. A ello se suma que no poseen ningún conocimiento de matemática con conocimiento de cálculo para ingeniería (en el que se manejan conceptos como razón de cambio, límites, derivadas, integrales) por lo que, si logran ingresar sin estar nivelados, terminan reprobando la asignatura de matemática del primer semestre, varias veces. Ese genera que dejen los estudios de ingeniería electrónica; es decir, incurren en deserción.

Las universidades-empresa (con fines de lucro) no tienen mayores problemas con el perfil del ingresante a ingeniería electrónica, porque los contactan en colegios particulares desde 4to de secundaria y atraen a alumnos del quinto y tercio superior, que son los mejores. Además, a los ingresantes les preparan unas jornadas de nivelación en matemática con cálculos para ingeniería durante los interciclos (esto es, antes de iniciar el semestre académico), que son pagadas por el ingresante.

Un tema pedagógico importante en el éxito en los primeros semestres académicos es el plan curricular, que debe evitar que el plan de estudios se sobrecargue de créditos y, en especial, de horas. Existen docentes y autoridades que creen que incrementando número de horas de prácticas o de talleres en lugar de las dedicadas a teoría (no incrementan créditos necesariamente) será mejor para el estudiante, pero el efecto es contrario. Cuantas más horas le carguen al alumno en aula o laboratorio, menos horas tendrá para estudiar fuera del aula y no investigará. Se debe cuidar bastante el pavidocentrismo (centrarse en el estudiante). Asimismo, se deben implementar tutorías permanentes (para los estudiantes con dificultades de aprendizaje), asesorías (para los que requieran orientación de la carrera o en investigaciones o proyectos) e inclusive mentorías (para los que destacan y puedan participar en proyectos especiales). Esto requiere de un cuerpo docente preparado y con suficiente cantidad de horas no lectivas, en horarios que los estudiantes tengan disponibles, a lo que debe sumarse el seguimiento

9 PISA: Programme for International Student Assessment

al egresado. De esta manera, estudiantes y egresados multiplicarán los buenos estudios universitarios y se desempeñarán adecuadamente en su vida profesional.

3.2. *Alternativas de solución al nivel del ingresante*

Frente al problema nacional de egresados de secundaria sin el nivel apropiado para abordar estudios superiores universitarios de ingeniería o de ciencias y, en especial, de ingeniería electrónica, existen tres formas diferentes que aplican diferentes universidades.

Como ejemplo de universidad pública, se presenta el caso de la UNMSM. En la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, el ratio del número de postulantes al número de ingresantes general es de 10 a 11:1. Esto significa que, al ser muy competitivo el examen de admisión, los que ingresan cuentan con una buena base en general y, en particular, en matemática y en ciencias, pero no en cálculo para ingeniería. Por ello, la facultad ofrece unas jornadas de nivelación con tópicos de matemática que sirven, en un 100%, al cálculo para Ingeniería [22] (funciones especiales, límites y continuidad, derivadas, razón de cambio, optimización con aplicaciones, integral indefinida, definida, impropia con aplicaciones). De esa manera, abordan los estudios de ingeniería habiendo aprendido los cálculos para ingeniería. Son los estudiantes quienes tienen que pagar por dichas jornadas interciclo y no pierden ningún semestre académico.

Esta solución también la aplican algunas universidades–empresa. Lo común es que el perfil de ingresante es alto en matemática y ciencias.

Otra alternativa de solución es enseñar los tópicos de cálculo de ingeniería en un denominado “ciclo cero”, previo al plan de estudios, pero, en la práctica, esto equivale a once semestres académicos y el estudiante se perjudica por no egresar un semestre académico antes y poder insertarse al mercado laboral más rápido.

Una tercera alternativa que suele aplicar con los estudiantes no muy fuertes en matemática de secundaria (la mayoría de postulantes) es plantear una asignatura de matemática básica, o denominación equivalente. Sin embargo, esta no considera la enseñanza de tópicos de cálculo para ingeniería. Por ello, no alcanza para resolver el problema, que se agudiza si esta matemática “remedial” no se encuentra dentro de un plan curricular con estudios generales de ciencias e ingeniería, por cuanto el nivel no será el requerido. Para este último caso, la solución consiste en tener los estudios generales en ciencias o ingeniería y ofrecer los tópicos de nivelación más los tópicos de cálculo para ingeniería en un programa de pago y en interciclo. A ello, se le puede añadir más tutorías, seminarios y asesorías en el primer semestre académico.

3.3. *Influencia del plan de estudios en la movilidad del estudiante universitario*

La mayoría de estudiantes de secundaria, sus padres, familiares y amistades, antes de elegir dónde estudiar, se informan por las páginas web de las universidades sobre los planes de estudios de las diferentes carreras o profesiones. Suelen buscar, únicamente, el plan de estudios (es decir, las asignaturas que corresponden a cada semestre académico), mas no el plan curricular, que contiene mucha más información.

Al respecto, actualmente, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU), creada con la nueva Ley Universitaria N° 30220, regula las condiciones básicas de calidad [23] de todas las universidades. Ellas requieren obtener el “licenciamiento de la SUNEDU” para estar autorizadas a funcionar y a otorgar grados y títulos académicos universitarios. Al 22 de noviembre de 2017, solo 22 de 157 universidades peruanas, entre ellas la Universidad Ricardo Palma, cuentan con tal licenciamiento.

Una de las novedades de la nueva ley universitaria es que, a nivel de pregrado, los planes curriculares de todas las carreras universitarias deben de considerar los estudios generales, los estudios específicos y los estudios de especialidad [24] (como se indica en el artículo 40). A partir de eso, se apuntará a que los planes de estudios de una misma carrera deben estructurarse de manera similar, lo que garantizará la movilidad de estudiantes de pre grado. Esa iniciativa se deba a que, desde hace algunos años, si los estudiantes de ingeniería electrónica de universidades con pocas asignaturas de formación integral quieren trasladarse a otra universidad con muchas asignaturas de cultura general, se ven obligados a seguirlas todas, lo que les obliga a extender sus estudios por tres semestres académicos, como mínimo. De otra parte, si un estudiante de alguna universidad con exceso de asignaturas de cultura general quiere trasladarse a otra universidad, no le reconocen las asignaturas adicionales de cultura general y pierde de dos a tres semestres académicos; además, se le obliga a llevar asignaturas de áreas académicas diferentes (electricidad, mecánica, entre otros). Por lo tanto, antes de la Ley N° 30220, los planes de estudios sin estudios generales eran una barrera que impedía la movilidad de estudiantes universitarios de ingeniería electrónica.

La misma UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) a través de la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE 2011) [25] en la página 16, numeral 53, indica que solo hay dos categorías de la educación superior universitaria: la educación general (estudios generales) y la Educación Vocacional (estudios de carrera). Esto es válido para todas las universidades de los países miembros de las naciones unidas, como Perú. Asimismo, es conocido internacionalmente que existen tres orientaciones de los estudios generales (equivalentes al bachillerato internacional en los colegios bilingües): estudios generales de ciencias, estudios generales de letras y estudios generales en artes.

Por décadas, hasta antes de la nueva Ley Universitaria, varias universidades que cuentan con la carrera de ingeniería electrónica en el Perú tenían (en algunos casos, aún sucede) muy pocos cursos de formación integral afines a la carrera. En otras universidades, el problema es el exceso de asignaturas de cultura general en los primeros semestres académicos, lo que debe adecuarse a la nueva ley. Eso permitirá una alta movilidad de estudiantes universitarios sin el perjuicio de invertir un mayor tiempo en los estudios. Este tema es revisado por los postulantes para decidir a qué universidad postular, por lo que un plan curricular y, en especial, un plan de estudios deben ser competitivos y atractivos, de manera que garanticen la movilidad de estudiantes a nivel nacional e internacional.

4. Conclusiones

- a. Las crisis internacionales como la de los semiconductores, la económica global, la burbuja de tercera generación móvil, la burbuja inmobiliaria, y las crisis nacionales por la nacionalización de las empresas extranjeras, la hiperinflación, la privatización, el “Fujishock” y la creación de universidades-empresa golpearon fuertemente a la ingeniería electrónica. Con el avance del acceso a internet, se escinde la informática con la electrónica. Además, por ser la ingeniería electrónica una carrera “dura” y no contar con la misma movilidad laboral que otras carreras llamadas “blandas” en las dos últimas décadas, el número de estudiantes matriculados en ella disminuyó en varias universidades privadas y en algunas nacionales. Por eso, existe en el Perú y otros países, un déficit de profesionales de este tipo.
- b. Es imperativo adecuar los planes curriculares a la nueva Ley Universitaria con el licenciamiento respectivo (condiciones básicas de calidad educativa), con los respectivos estudios generales de ciencias o para ingeniería, con un nuevo modelo educativo de la universidad que esté basado en estudio de mercado, con responsabilidad social, y con un plan de estudios atractivo y com-

petente, máxime si se cuenta con acreditaciones de calidad nacional (ICACIT) e internacional (ABET_USA). De esa manera, se garantiza la movilidad de estudiantes universitarios de ingeniería electrónica a nivel nacional e internacional en línea con la SUNEDU y la UNESCO.

- c. Es imperativo limitar el número de horas de los planes de estudios en cada semestre académico para brindar a los estudiantes una formación sólida y que puedan realizar investigación formativa, de manera que se eviten deserciones.

5. Propuestas

- a. Las universidades peruanas que cuentan con la carrera de ingeniería electrónica deben adecuar su plan curricular y su modelo educativo a la nueva Ley Universitaria N° 30220, es decir, con estudios generales de ciencias o de ingeniería y basados en competencias, sin dejar de lado la distribución de los créditos. Esto requiere un buen estudio del mercado ocupacional, con la participación de empresas, autoridades, colegios profesionales, ex alumnos, docentes y estudiantes. Eso se debe a que el Perú se encuentra en un nuevo escenario para la ingeniería electrónica (automatización e instrumentación) y para las telecomunicaciones: tendencia a la convergencia de hiperconexión de redes con internet de banda ancha para servicios públicos y privados, y el internet de las cosas (IoT), que utiliza banda angosta pero se masifica. Al mismo tiempo, no debe descuidar el impacto global de los sensores y la ingeniería biomédica.
- b. Las universidades sin fines de lucro pueden implementar cursos de nivelación de matemática en periodos de interciclos, útiles para los ingresantes a ingeniería sin necesidad de asignaturas remediales o de nivelación sin elementos de cálculo de ingeniería y sin necesidad de un semestre académico “cero”, que, en la práctica, extiende los estudios a once semestres. De esa manera, se garantiza un buen nivel académico en el aprendizaje. Se recomienda implementar los Estudios Generales Ciencias, de acuerdo a la Ley 30220 y a la UNESCO
- c. Para garantizar una sólida formación integral, debe evitarse sobrecargar las horas lectivas y la cantidad de asignaturas a los estudiantes, porque el binomio créditos-horas debe dejar tiempo para que los estudiantes puedan estudiar e investigar. Se propone entre 25 y 28 horas semanales para ingeniería (diez semestres académicos en cinco años).
- d. Es importante acreditarse en calidad educativa, aunque algunas carreras no lo requieran. Sin embargo, deben asignarse recursos humanos en las horas no lectivas de los docentes para la sostenibilidad de la calidad educativa.
- e. Las universidades deben ofrecer carreras de pregrado y posgrado, de manera que eviten la especialización correspondiente al sector empresarial.
- f. Debe fomentarse la investigación formativa y la publicación de artículos para ser competitivos, lo que implica no sobrecargar al estudiante el número de horas por semana ni el número de asignaturas (de cinco a seis por semestre académico).
- g. Los planes de estudios deben responder a las necesidades de la sociedad y deben ser atractivos y competitivos para mantenerse con estudiantes de manera sostenida y con tendencia creciente.
- h. El proceso de enseñanza-aprendizaje contemporáneo para ingeniería se realiza por competencias, lo que implica contar con los instrumentos de gestión apropiados, como el modelo educativo (y no el modelo pedagógico), con estudios generales en ciencias o ingeniería (no en asignaturas de cultura general).

6. Referencias

- [1] “Demanda y escasez laboral: ¿qué profesionales y técnicos necesita el mercado?”, *Gestión*, 2016. [En línea]. Disponible en <https://gestion.pe/tendencias/management-empleo/demanda-escasez-laboral-profesionales-tecnicos-necesita-mercado-147937> [Accedido: 14-ene-2018]
- [2] “Industrias peruanas sufren preocupante falta de ingenieros”, *RPP Noticias*, 2012. [En línea]. Disponible en <http://rpp.pe/economia/economia/industrias-peruanas-sufren-preocupante-falta-de-ingenieros-noticia-542088> [Accedido: 14-ene-2018]
- [3] E. Gutiérrez, *Testimonios de la crisis*. Ciudad de México, México: Siglo XXI Editores, 1985 [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=cldaRep_AKQC&pg=PA176&lpg=PA176&dq=la+crisis+de+los+semiconductores&source=bl&ots#v=onepage&q=la%20crisis%20de%20los%20semiconductores&f=false [Accedido: 14-ene-2018]
- [4] Fondo Monetario Internacional, *Perspectivas de la economía mundial. Octubre de 2001*. N.W., Washington D.C., EE.UU.: International Monetary Fund, Publication Services, 2001. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=OYMrCNvdc6MC&pg=PA57&lpg=PA57&dq=la+crisis+de+los+semiconductores+a+nivel+mundial#v=onepage&q=la%20crisis%20de%20los%20semiconductores%20a%20nivel%20mundial&f=false> [Accedido: 14-ene-2018]
- [5] B. Bécares, “El mercado de semiconductores crecerá sólo un 6% anual hasta 2015”, *ChannelBiz*, 2011. [En línea]. Disponible en: http://www.channelbiz.es/2011/07/25/el-mercado-de-semiconductores-crecera-solo-un-6-anual-hasta-2015/?inf_by=5a5b9240681db83f2f8b49c8 [Accedido: 14-ene-2018]
- [6] “Samsung amenaza a Intel en el mercado de semiconductores”, *DealerWorld*, 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.dealerworld.es/mercado-en-cifras/samsung-amenaza-a-intel-en-el-mercado-de-semiconductores> [Accedido: 14-ene-2018]
- [7] World Semiconductor Trade Statistics, “WSTS Home”, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.wsts.org/> [Accedido: 14-ene-2018]
- [8] F. Reyes, “PERU: Antenas en banda 700 MHz - 4G”, *Telecomunicaciones: mercados y tecnologías*. [En línea]. Disponible en: <http://telecomunicaciones-peru.blogspot.pe/2017/02/peru-antenas-en-banda-700-mhz-4g.html> [Accedido: 14-ene-2018]
- [9] GSMA, *Consideraciones clave en los concursos de espectro móvil*, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/05/OVUM-concursos-de-espectro-latam.pdf> [Accedido: 14-ene-2018]
- [10] Telecom Advisory Services, LLC, *Aspectos económicos y financieros de la asignación de espectro*. Brasilia, Brasil, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/Americas/Documents/EVENTS/2016/15544-BR/2-1.pdf> [Accedido: 14-ene-2018]
- [11] Comisión económica para América Latina y el Caribe, *Impacto de la crisis asiática en América Latina*. Santiago, Chile, 1998. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/14951/S9800032_es.pdf?sequence=1 [Accedido: 14-ene-2018]
- [12] “¿Cómo se originó la peor crisis financiera de la historia?”, *Gestión*, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/origino-peor-tesis-financiera-historia-48101> [Accedido: 14-ene-2018]
- [13] P. Aspe, “Los orígenes de la crisis”, *Expansión*, 2009. [En línea]. Disponible en: http://expansion.mx/economia/2009/02/06/los-origenes-de-la-tesis-financiera?internal_source=playlist [Accedido: 14-ene-2018]
- [14] “El primer gobierno de Alan García en la economía peruana”, *DePeru.com*, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.deperu.com/abc/economia/3046/el-1er-gobierno-de-alan-garcia-en-la-economia-peruana> [Accedido: 14-ene-2018]
- [15] C. Vásquez, “La hiperinflación que me entregó Alan García”, *César Vásquez Perú: política, economía, historia*, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://cavb.blogspot.pe/2006/06/la-hiperinflacion-que-me-entreg-alan.html> [Accedido: 14-ene-2018]

- [16] “‘Fujishock’ fue muy doloroso, pero era lo que había que hacer”, *El Comercio*, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/politica/actualidad/fujishock-doloroso-habia-386417> [Accedido: 14-ene-2018]
- [17] A. Ruiz, *El proceso de privatizaciones en el Perú durante el período 1991-2002*. Santiago, Chile, 2002. [En línea]. Disponible en: <http://archivo.cepal.org/pdfs/2002/S027489.pdf> [Accedido: 14-ene-2018]
- [18] Ministerio de Educación, *Ley de Promoción de la Inversión en la Educación*, Minedu, 2018. [En línea]. Disponible en: http://www.minedu.gob.pe/normatividad/decretos/dl_882-1996.pdf [Accedido: 14-ene-2018]
- [19] Ministerio de Educación, *Logros de aprendizaje de los estudiantes de educación básica regular-PELA*. Lima, Perú: Ministerio de Educación, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.minedu.gob.pe/opyc/files/Anexo02pela2014junio.pdf> [Accedido: 14-ene-2018]
- [20] “Proyecto FITEL 17”, *Fondo de Inversión en Telecomunicaciones*, 2018. [En línea] Disponible en: <http://www.fitel.gob.pe/pg/proyecto-fitel-17.php> [Accedido: 14-ene-2018]
- [21] Osiptel, *OSIPTEL.COM*, año 4, no. 18, sep. 2017
- [22] “Qué es PISA 2016”, *Instituto nacional para la Evaluación de la Educación*, 2016. [En línea] Disponible en: <http://www.inee.edu.mx/index.php/evaluaciones-internacionales/que-es-pisa-2016> [Accedido: 14-ene-2018]
- [23] “Tópicos de matemáticas para ingeniería”, *Agenda sanmarquina*, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.unmsm.edu.pe/eventos/ver/TOPICOS-DE-MATEMATICAS-PARA-INGENIERIA> [Accedido: 14-ene-2018]
- [24] “SUNEDU inicia el Licenciamiento de las universidades peruanas”, *Sunedu*, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.sunedu.gob.pe/sunedu-inicia-el-licenciamiento-de-las-universidades-peruanas/> [Accedido: 14-ene-2018]
- [25] Ministerio de Educación, *Ley Universitaria. Ley N° 30220*, Minedu, 2014. [En línea]. Disponible en: http://www.minedu.gob.pe/reforma-universitaria/pdf/ley_universitaria.pdf [Accedido: 14-ene-2018]
- [26] UNESCO, *Clasificación Internacional Normalizada de la Educación. CINE 2011*. Montreal, Québec, Canadá: Instituto de Estadística de la UNESCO. [En línea]. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002207/220782s.pdf> [Accedido: 14-ene-2018]
- [27] Fondo Monetario Internacional, “La revolución de la tecnología de la información”, *Perspectivas de la Economía Mundial*, 2001.

