

La aplicación de interfaces humano-máquina (HMI), en la industria Tijuanaense

Julio Castro, Juana Martínez, María y Vargas

J. Castro, J. Laguna, M. Vargas

Universidad Tecnológica de Tijuana, carretera libre Tijuana-Tecate km. 10 s/n, El refugio, Quintas Campestre.
julio.castro@uttijuana.edu.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.) .Ciencias de Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

Abstract

The human-machine interfaces are tools used in daily life in industries worldwide for monitoring and data collection in production processes. In this case an investigation is presented taking into account the business aspects of the city of Tijuana, Baja California and the academic field of technological universities in Mexico in order to analyze the types of industries in the city, marks the predominant HMI in them, the types and levels of implementation, as well as the degree of obsolescence and knowledge engineers who are in contact with them have.

Also provides an overview of the way these subjects were taught in universities with an engineering degree in mechatronics in UUTT as part of the generation of HMI trained human capital and thus to determine whether there is a deficiency in the amount of literary material for further development of a manual.

21 Introducción

Los sistemas automatizados en la industria tijuanaense, debido al avance de la tecnología, trabajan de manera integral y conjunta, teniendo como parte de sus subsistemas a las Interfaz Humano-Máquina o HMI (por sus siglas en inglés Human-Machine Interface), que por lo regular están en una red de control industrial. Esto fuerza a tener una adición de dispositivos de nueva generación como computadoras personales, tabletas y teléfonos inteligentes utilizando software de diseño y/o hardware en áreas de producción. En esta investigación se presenta la necesidad de la creación de mayor literatura sobre la instalación, programación y uso tanto del hardware como del software para su correcta integración a una red de control y HMI, para el control y monitoreo de un proceso industrial.

Para confirmar esta hipótesis es analizado el ámbito industrial, el académico o educativo y el arribo de nuevas tecnologías relacionadas realizando un estudio del panorama que se ofrece al interior de la industria tijuanaense, sobre la instalación, operación, conocimiento del tema y marcas comerciales más utilizadas de HMI por parte de los ingenieros de la industria y una investigación sobre la comprensión de temas relacionados a estas interfaces por parte de los docentes que imparten las materias del subsistema de Universidades Tecnológicas en México (UUTT), de la carrera de ingeniería en mecatrónica.

Se observa el nivel de aplicación de las HMI en la industria tijuanaense y el cómo fomentar la transferencia de tecnología a la industria local para con ello, saber qué tipo de sistemas HMI predominan en la industria tijuanaense, la antigüedad que tienen los que se usan actualmente y de qué tipo son. En el análisis se revisa la importancia y uso que existe de estos sistemas para, de esta forma, saber si el 50% de la industria tijuanaense enfrenta una obsolescencia en los sistemas HMI de 5 o más años y también si el 75% de los ingenieros a cargo de un proceso que posee una interfaz no sabe cómo programarlo o reconfigurarlo.

Otros aspectos a evaluar también son la distancia con la que se puede acceder a la consulta de los datos del proceso industrial en cuestión, es decir, si solo se puede hacer de manera directa y cercana o, si por el contrario, se pueden obtener los datos de manera remota desde hasta fuera de la ciudad.

Finalmente y de manera complementaria, se observa el conocimiento que se tiene a nivel nacional por los docentes que imparten estos conocimientos a los futuros profesionistas que finalmente irán a integrarse a mediano y a largo plazo al ámbito laboral, logrando así una transferencia de tecnología mas eficiente hacia la industria nacional.

21.1 Materiales y métodos

Antecedentes:

a) Del ámbito empresarial Tijuanaense: Desde la década de los 1980's la ciudad de Tijuana, Baja California, México se ha caracterizado por la industrialización a base de la colocación de las maquiladoras dentro de la ciudad. Desde ese entonces, han sucedido bastantes anécdotas relacionadas a la internacionalización de esa frontera y su población económicamente activa, particularmente en lo referente a la toma de decisiones y cuando se trabaja como protagonista de la fusión empresarial de dos culturas.

En ese sentido se debe tomar en cuenta que en ese entonces, muchas de las decisiones originalmente eran tomadas por personal directivo que no se encontraba físicamente en la ciudad y que, de hecho, nunca la habían visitado. Estas personas se encontraban en otras ciudades, como las del medio oeste de los EEUU, y que sus acciones muchas veces conllevaba a malas interpretaciones y/o malos entendidos por ambas partes, causando la toma de decisiones inadecuadas que afectaron la operatividad de estas empresas extranjeras asentadas en la región bajo la justificación de que todas las sucursales eran iguales y que el personal era igual en cualquier parte (Kossek & Lobel, 1996).

En ese entonces, existía una mayor incomprensión de la cultura mexicana, la cual está conectada intrínsecamente con el ámbito laboral, y que en definitiva se tiene claro que el recurso humano en los diferentes países no es igual a la hora de desempeñar un trabajo. Si se analiza a este recurso humano en la geografía nacional, se tiene como resultado que los mexicanos del norte y noroeste del país tienden a ser más trabajadores debido a los ambientes de clima extremos en los que vive, esto es, en invierno los fríos que congelan y en los veranos los calores excesivos, convirtiéndolos en personas más activas, previsoras, austeras y disciplinadas a los del resto de la república mexicana (Rodríguez & Ramírez, 2004).

Baja California, en particular, se caracteriza por ser un estado líder, económicamente hablando, de la república mexicana. En la actualidad maneja un 4.7% del total nacional de la inversión extranjera directa, ocupando así el 6to. lugar entre las entidades federativas del país (María Elena Díaz / El Mexicano, 2013). Estos factores, entre otros, propician que al 3er trimestre de 2013, se tenga un 93.6% de la población económicamente activa ocupada, mientras que solo el 6.40% está desocupada.

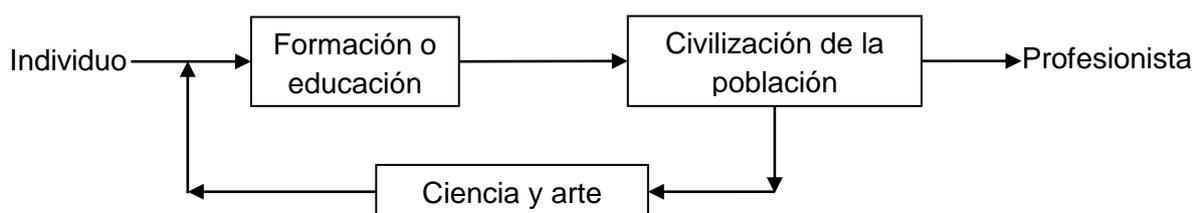
Entre sus actividades principales están las referentes al área manufacturera, las cuales representan actualmente el 19.41%; las actividades comerciales con un 16.08%; las de los servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles con un 14.30% y por último las de construcción con un 11.77% que sumadas en total representan el 61.56% del producto interno bruto estatal (Secretaría de Economía, 2013).

En este segundo aspecto, lo que se busca es saber qué proporción de estos porcentajes, están habituados y en qué sentido, sobre las tecnologías que día a día están en su entorno laboral, su interacción con él, pero muy particularmente el de las interfaces humano-máquina, ya que son herramientas que si son utilizadas de manera correcta y oportuna, potencializan la producción de las empresas a través de la tecnología empleada por su recurso humano contribuyendo significativamente a la economía de esa ciudad.

b) Del ámbito académico del subsistema de universidades tecnológicas en México:

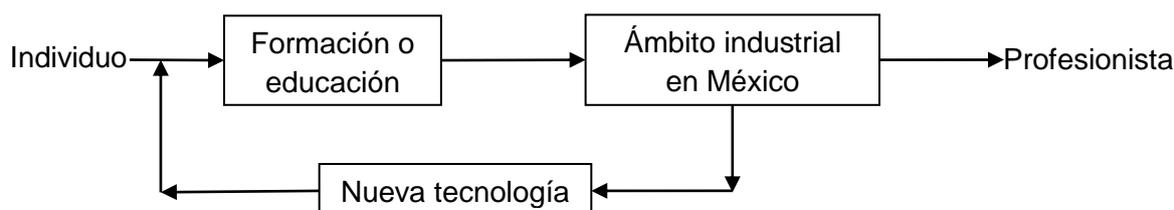
Considerando que el motivo de creación de la Secretaría de Educación Pública en México, mejor conocida por sus siglas como SEP, fue el de civilizar a la población de la post-revolución mexicana a través de la educación, es bien sabido que en aquel entonces se tuvo la visión de que esta decisión tomada por José Vasconcelos en 1921, al crearla, encaminaría al país ayudándolo en su proceso de educación para consecuentemente lograr elevar el nivel cultural de la sociedad y que esta a su vez se retroalimentaría a través de la ciencia y el arte generados (Ver figura 1) (Secretaría de Educación Pública, 2010).

Figura 21 Proceso de educación a finales de los años 1920's en México



Viajando 6 décadas adelante, encontramos que este sistema educativo ya no fue suficiente debido a los factores económicos, tecnológicos y de industrialización del país. El proceso de la educación debía cambiar y adecuarse a las nuevas necesidades que enfrentaba el país haciendo un cambio radical en la estructura del proceso de aprendizaje a nivel nacional. Mientras que el nivel de educación había dado resultados hasta la década de los 80's, este tuvo que adecuarse al creciente ámbito industrial mexicano el cual requiere, hasta hoy en día, de profesionistas actualizados en las nuevas tecnologías y que nuevamente vienen a cerrar el círculo de la educación retroalimentando este proceso continuo (ver figura 2) (Coordinación General de Universidades Tecnológicas, 2000).

Figura 21.1 Proceso de educación actual en México de acuerdo a las necesidades de la industria



Hablando particularmente de las universidades tecnológicas en México, se tiene que nacieron a partir del año 1991 con la justificación de que se necesitaba una mayor vinculación de las instituciones educativas con el sector industrial mexicano. Es congruente pensar que debe haber una coordinación entre estos dos ámbitos, puesto que estas escuelas son las generadoras de la mano de obra a través del capital humano formado para operar en estas empresas (Coordinación General de Universidades Tecnológicas, 2006).

Este subsistema educativo en la actualidad tiene como parte de su estructura de los planes de estudio que un 80% de las asignaturas que se imparten son las que definen la carrera de ingeniero en mecatrónica y el 20% son flexibles y adecuadas a las necesidades de la región en la que se ubique la universidad tecnológica. Esto ayuda a la solución de problemas característicos de la región proporcionando el recurso humano capacitado pertinentemente (Coordinación General de Universidades Tecnológicas, 2013).

Pertenecientes al plan de estudios de la carrera de ingeniería en mecatrónica, se tienen materias relacionadas a los temas de los controladores lógicos programables que en lo sucesivo serán llamados PLC (del inglés, Programmable Logic Controller), dentro de las cuales se toca el tema de las Interfaces Humano-Máquina que en lo sucesivo serán llamadas HMI (del inglés, Human-Machine Interface). Estos temas hablan sobre cómo integrar estos dispositivos para automatizar un proceso y que de esta forma ayude o sustituya una máquina al personal que labora para que realice el mismo procedimiento ya sea por motivos de riesgo hacia el obrero, requerimientos de precisión en la elaboración de algún objeto, rapidez de elaboración, etc. (Balcells & Romeral, 1997).

Adicionalmente se sabe que la implementación de la automatización de procesos con redes de control industrial proporcionan datos de producción los cuales pueden ser accedidos a través de una HMI desde fuera de la empresa (Mandado, Acevedo, & Pérez López, 2006).

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se determina que es importante y congruente el que sea analizado si el personal generado por el ámbito educativo, es adecuado a lo que el sector productivo está demandando en nuestro país y que, de esta forma, se contribuya al desarrollo económico y social a través de la transferencia adecuada de tecnología.

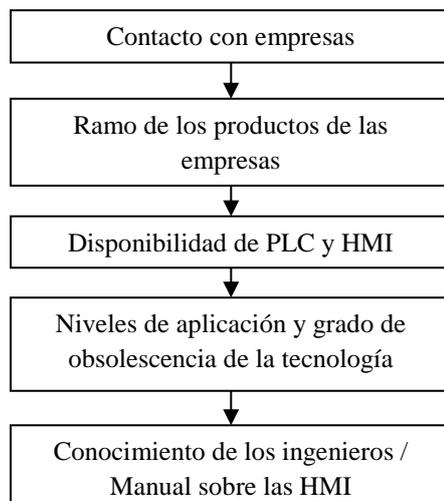
21.2 Metodología

a) Contacto con las empresas tijuanaenses.

Para la elaboración de este estudio en el ámbito empresarial respecto al tema de las HMI, es necesario el contacto con los 51 parques industriales de la ciudad de Tijuana. El objetivo es el de elaborar un análisis estadístico y lograr el proporcionar información para este fin.

Los aspectos a cubrir serán sobre el ramo de los productos de estas empresas, las marcas comerciales que principalmente se usan para sus HMI, los niveles de aplicación de esta tecnología, el grado de obsolescencia que tienen en la actualidad y el conocimiento de los ingenieros sobre el tema. Es deseable que se obtenga información sobre el conocimiento de esta tecnología por los ingenieros que la ejercen puesto que, por lo regular, están a cargo de personal y de los procesos industriales que las poseen, quedando en sus manos desde el diseño del sistema, implementación, integración, puesta en marcha y capacitación de los mismos de una u otra forma. De esta manera se justificaría la redacción de un manual sobre el tema.

Figura 21.2 Diagrama para la justificación de la elaboración de un manual sobre Interfaces Humano-Máquina (HMI)



La importancia de investigar sobre los tipos de PLC que existen en la industria se da debido a que poseen distintas características para la disponibilidad en la realización de interfaces, entre otras, el tipo de comunicación en red, ya que de lo contrario se limitaría al proceso en la recolección de datos necesarios en todo análisis de datos de producción industrial en la actualidad. Uno de estos aspectos es la distancia con la que se puede acceder a los datos donde lo ideal, es que puedan ser consultados desde cualquier equipo con acceso a internet.

Hoy en día, es una necesidad la comunicación a distancia que ofrecen estos dispositivos con PLC por medio de las HMI, ya que, están presentes en la industria debido al avance en la tecnología, pero que en los manuales de los fabricantes se menciona de manera muy resumida, con temas aislados y poco claros (Terzi E.V., 1999).

b) Los controladores lógicos programables y las interfaces humano-máquina.

El controlador lógico programable, mejor conocido como PLC, fue concebido como un sustituto de la automatización con relevadores independientes y que ahora se integran a un microcontrolador o CPU que desde los sesentas y setentas ha ido evolucionando a versiones más compactas (ver figura 4) (Balcells & Romeral, 1997).

Figura 21.3 Controlador lógico programable de la marca Festo® modelo FC34

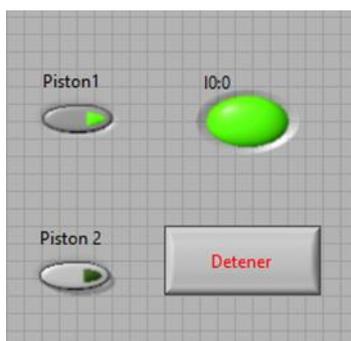


Actualmente existen varios tipos de lenguajes de programación los cuales aplican a estos dispositivos como pueden ser el graficet, escalera, listado de instrucciones, entre otros (Garcia, 2000) y mas recientemente el Codesys© (3S-Smart Software Solutions GmbH, 2013). Este dispositivo tiene la capacidad de ser reprogramado un número considerable de ocasiones (Creus, 2007), y al que se le puede grabar la lógica que anteriormente los bancos de relevadores tenían (Maloney, 1997).

Al realizar la comunicación con las HMI y las PLC desde el inicio se tuvo la intención de integrar diferentes marcas y tecnologías pero esto no ha sido posible debido a que varios fabricantes tienen limitantes de compatibilidad debido a la no existencia de estándares que unifiquen de manera generalizada estos criterios (Castro, 2007).

Actualmente existen varios protocolos de comunicación entre HMI, y solo por mencionar algunos, son el profibus, can, modbus, devicenet, etc., que tienen una diversidad de características entre ellos, tales como su forma de cablearlos para interconexión, reglas de comunicación, número máximo de dispositivos a conectar a la red, etc. (Sempere P., 2005). Una ventaja muy sencilla que proporcionan estas interfaces, es la facilidad de poder visualizar a distancia lo que sucede en los procesos sin la necesidad de estar cerca de ellos, ni de manera presencial (ver figura).

Figura 21.4 HMI tipo software programado en Labview™



Por ejemplo, en la figura se puede apreciar una sencilla interfaz HMI, la cual se puede acceder, incluso de manera remota, y que monitorea cuando es accionado un motor pistón industrial y cuando éste está con su vástago totalmente extendido hace que el sensor cause que el indicador IO:0 de esta pantalla se ilumine.

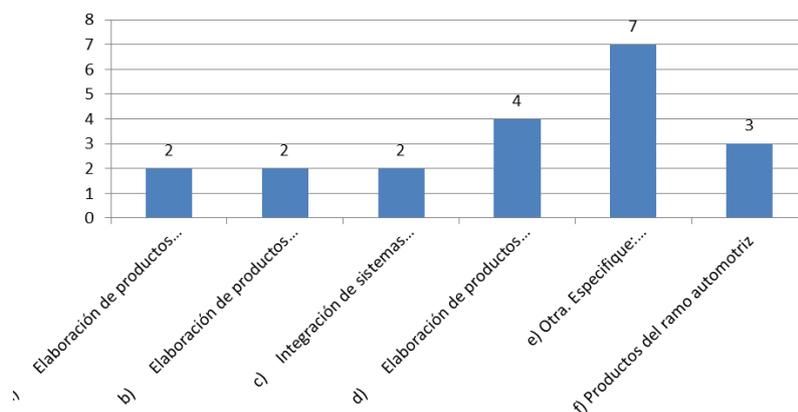
c) Propuesta de elaboración de manual sobre las HMI.

Al no existir suficiente literatura relacionada con el tema y habiendo aclarado la necesidad que se tiene por el ámbito empresarial tanto por el académico, se determina la elaboración de un manual donde los temas principales que deberán ser vistos, son los de las redes LAN (del inglés Local Área Network que significa red de área local), software de programación para su hardware y que deberá ser orientado hacia la comunicación y programación de las pantallas y estándares que las rige.

21.3 Resultados y discusión

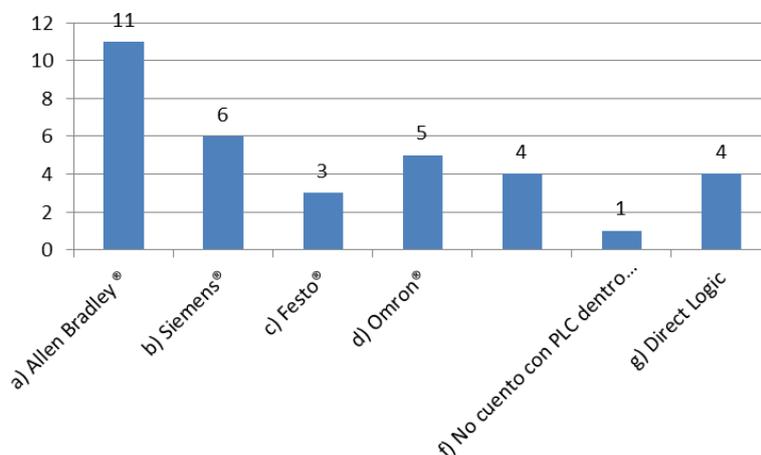
Al aplicar la encuesta a las empresas, se tomó en cuenta la existencia de los 51 parques industriales de la ciudad de Tijuana y fueron aplicadas 20 a ingenieros encargados de áreas de producción obteniendo, a través del método aleatorio simple, los siguientes resultados:

Grafico 21 Gráfica sobre dedicación de las empresas en Tijuana

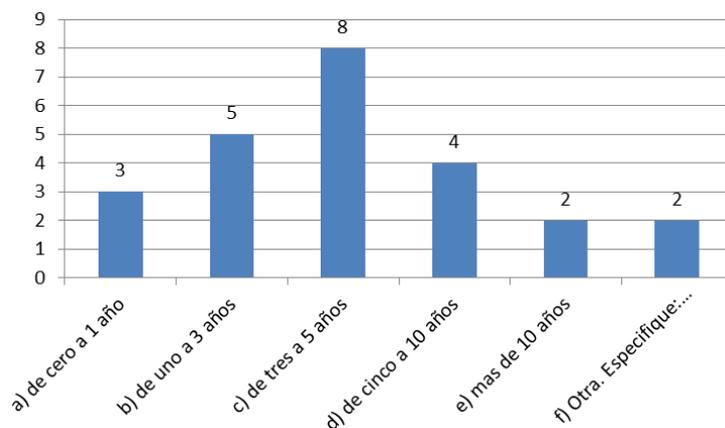


En la figura se puede apreciar que el 20% de la muestra tomada participan en la elaboración de productos electrónicos, mientras que solo el 15% al ramo automotriz, 10% al ramo aeroespacial, otro 10% al ramo médico y el resto a otros rubros.

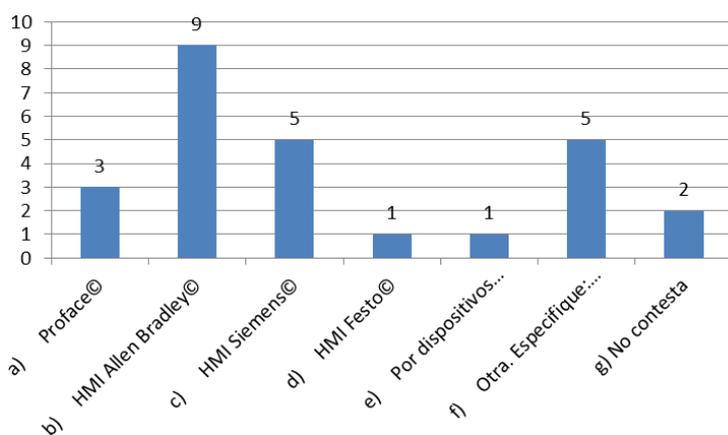
Grafico 21.1 Gráfica sobre las principales marcas de PLC utilizados en las empresas de Tijuana



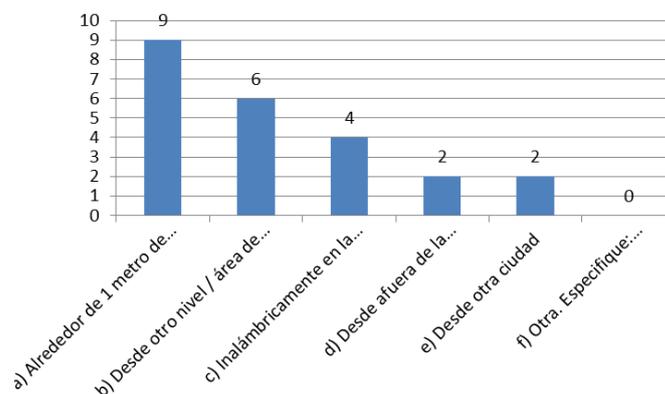
En la figura se observa que el 55% tiene PLC de la marca Allen Bradley®, el 30% Siemens®, el 25% Omron®, 20% Direct Logic® y finalmente otro 25% tiene por lo menos 1 PLC de otras marcas.

Grafico 21.2 Gráfica sobre el tiempo instalado/funcionamiento de los PLC

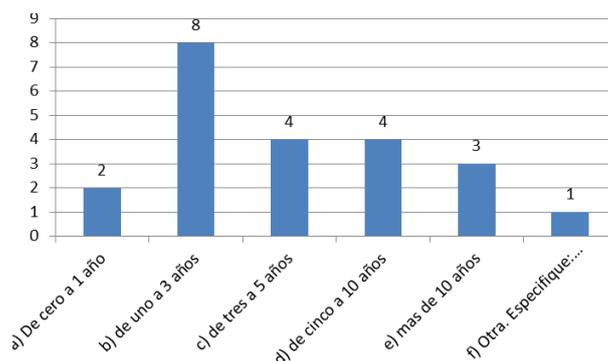
Por otro lado se tiene que el 40% de las empresas tienen funcionando en sus procesos industriales PLC con una antigüedad de 3 a 5 años, el 25% de uno a 3 años, 20% de 5 a 10 años, el 15% de cero a 1 año y solo el 10% más de 10 años. Cabe mencionar que un 10% menciona que tienen una variedad de antigüedades de PLC.

Grafico 21.3 Gráfica sobre las principales marcas de HMI utilizadas en las empresas de Tijuana

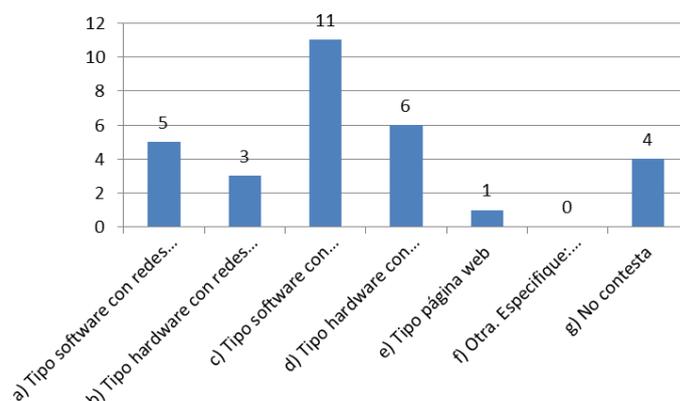
Al ver la figura se puede observar que 45% de las empresas poseen por lo menos una HMI de la marca Allen Bradley©, mientras que el 25% tienen de la marca Siemens© y el 15% de la marca Proface©. El resto de marcas como Festo, dispositivos digitales y otras son mínimo el uso que se les otorga.

Grafico 21.4 Gráfica sobre la distancia desde dónde se accede a las HMI

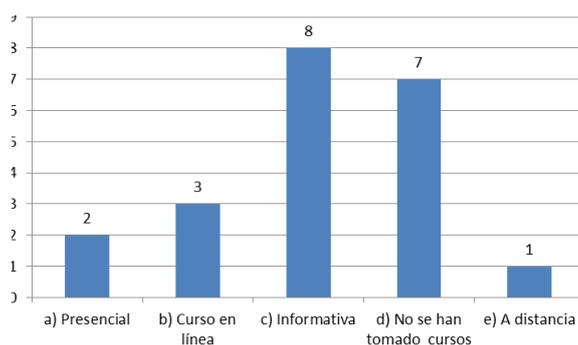
El 45% de las empresas por lo menos poseen una HMI por la cual acceden a los datos desde una distancia de alrededor de 1 metro de distancia, el 30% la acceden desde otro nivel o área de la misma empresa, mientras que el 20% accede a los datos desde cualquier parte de la empresa de manera inalámbrica y solo el 10% lo hace desde fuera de la empresa o desde otra ciudad como se puede apreciar en la figura.

Grafico 21.5 Gráfica sobre el tiempo instalado/funcionamiento de las HMI

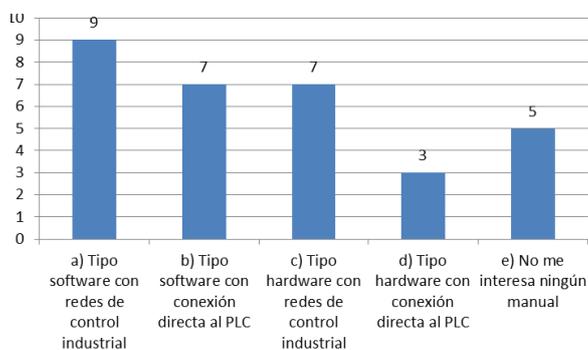
Por otro lado al cuestionar sobre el tiempo que tenían las HMI en las empresas se obtuvo que el 40% por lo menos tenía una con antigüedad de uno a 3 años, el 20% tenía de 3 a 5 años, otro 20% tenía de 5 a 10 años, el 15% tenía mas de 10 años y el 10% de cero a un año. Un solo encuestado mencionó claramente que tenía variedad de cada uno de las posibles respuestas en su empresa.

Gráfico 21.6 Gráfica sobre los tipos instalados de HMI

En la figura se muestra que el 55% de las empresas encuestadas cuentan por lo menos con una HMI de software conectadas directamente al PLC a través de cables, el 30% tiene de hardware conectada directamente al PLC a través de cables, tan solo el 25% usa de las de tipo software con conexión de redes de control, el 15% del tipo hardware con red de control y finalmente el 5% usa las del tipo de página web. Cabe mencionar que un 20% no contestó esta pregunta.

Gráfico 21.7 Gráfica sobre la capacitación recibida sobre las HMI en las empresas

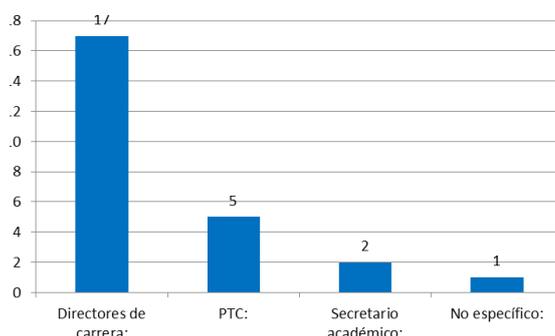
Al preguntar sobre las capacitaciones recibidas en las empresas sobre las HMI se obtiene que el 40% han recibido tan solo información de las mismas, el 35% no han tomado ninguna información dentro de sus empresas, el 15% han tomado cursos en línea, el 10% han sido presenciales y tan solo el 5% han sido a distancia.

Gráfico 21.8 Gráfica sobre el interés por literatura en las empresas sobre las HMI

Al observar la figura podemos decir que el 45% de las personas están interesadas en manuales con información acerca de las HMI del tipo de software con redes de control industrial, el 35% ocupa información de las de tipo de software con conexión directa al PLC, otro 35% del tipo de hardware con redes de control industrial y el 15% de las de tipo hardware con conexión directa al PLC. Cabe mencionar que el 25% expresa que no está interesado en ningún manual puesto que ya tienen los que los fabricantes les proporcionan.

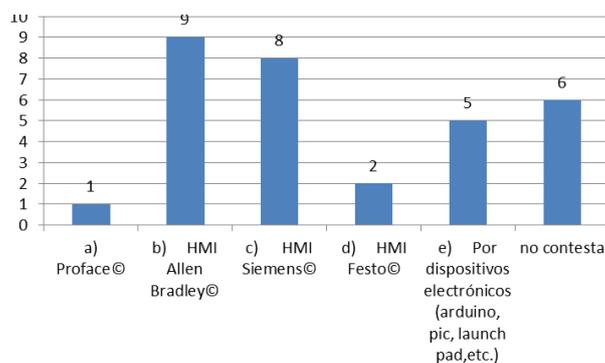
De manera complementaria se realizó una investigación en el ámbito académico a través del subsistema de las universidades tecnológicas en México que tienen la carrera de ingeniería en mecatrónica de las cuales son 54 y que se tomó una muestra de 25 de manera aleatoria.

Grafico 21.9 Gráfica sobre la muestra tomada para el ámbito académico

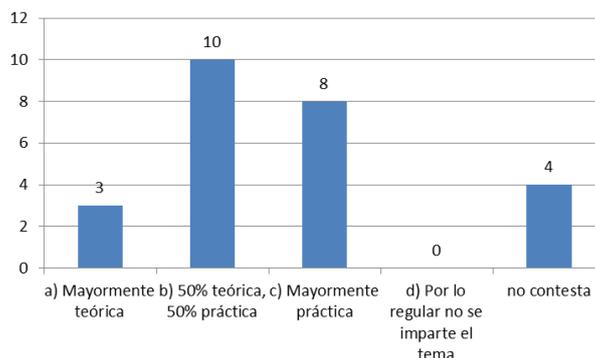


El 68% fueron directores de carrera, el 20% profesores de tiempo completo o PTC, mientras que el 8% eran secretarios académicos y solo 1 persona no especificó su posición laboral en la universidad que representaba.

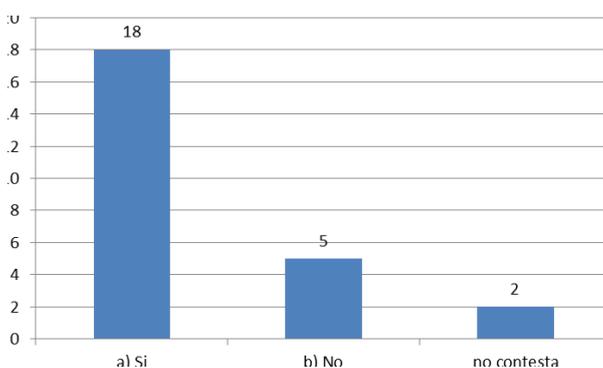
Grafico 21.10 Gráfica sobre las marcas usadas para impartir clases en las UUTT



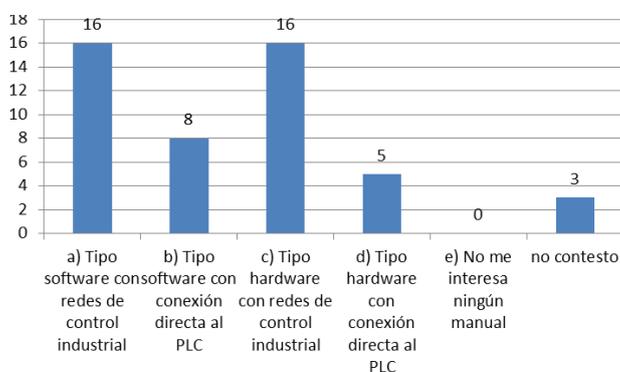
En la figura se puede ver que el 36% imparte sus clases con HMI de la marca Allen Bradley©, el 32% lo hace con marca Siemens©, 20% a través de dispositivos electrónicos digitales, el 8% usa los de la marca Festo©, y el 4% de la Proface©. El 24% de los encuestados no contestó esta pregunta.

Grafico 21.11 Gráfica sobre la forma de impartir clases en las UUTT

Al cuestionar sobre la forma en la que se imparten las clases de las HMI en las universidades se obtiene que el 40% lo hace mitad teórico y mitad práctico, el 32% lo hace mayormente práctico y el 12% mayormente teórico. El 16% no contestó sobre este tema.

Grafico 21.12 Gráfica sobre si se ha realizado alguna práctica con HMI en el último año

En la figura se aprecia que el 72% de los participantes están de acuerdo que se han realizado prácticas durante el último año con interfaces humano-máquina por sus alumnos de ingeniería y el 20% no lo ha hecho, mientras que el 8% no contesta.

Grafico 21.13 Gráfica sobre el interés por literatura en las UUTT sobre las HMI

Al observar la figura podemos decir que el 64% de las personas están interesadas en manuales con información acerca de las HMI del tipo de software con redes de control industrial, el 32% ocupa información de las de tipo de software con conexión directa al PLC, otro 64% del tipo de hardware con redes de control industrial y el 20% de las de tipo hardware con conexión directa al PLC. Cabe mencionar que el 12% no contestó esta pregunta.

21.4 Conclusiones

Al haber visto los resultados obtenidos respecto al tipo de industrias que están operando en Tijuana, se determina que mayormente sigue siendo del tipo de ensamblado de productos y que éste es variado donde ligeramente sobresalen los de productos electrónicos y los del ramo automotriz.

Ahora que, coincidentemente se tiene que en ambos ámbitos empresarial y académico las marcas de HMI mayormente implementadas con las Allen Bradley© y las Siemens©, con lo cual se puede afirmar que el recurso humano que se está generando en las carreras de ingeniería está acorde con lo que se usa en la industria. Por otro lado, se tiene que cerca de la mitad de estas empresas aún tienen sus interfaces a una distancia de alrededor de 1 metro de distancia del proceso y a través de cable, haciéndose claro que la distancia tiene cierta proporcionalidad inversa a la distancia de acceso, es decir, que entre más se cuestiona sobre distancias largas, menos empresas las tienen. Si se habla sobre el grado de obsolescencia, se tiene que el 45% de las empresas tienen por lo menos una HMI con más de 5 años funcionando, lo cual es un área de oportunidad de acuerdo a las limitantes que pueden tener respecto al acceso remoto de la información, la rapidez en el procesamiento de datos y que concuerda con el aspecto de las distancias a las que se les consulta. Ahora bien, tomando en cuenta que no se han recibido en la mayoría de los casos capacitaciones por parte de la empresa sobre las interfaces, existen personas que solicitan mayor información mientras que otras pocas expresan que están satisfechas con lo que los manuales de los fabricantes les ofrecen. Las temáticas más solicitadas son las de las HMI de software con acceso a través de las redes de control industrial, coincidiendo con lo que el ámbito académico solicita, seguidos en ambos ámbitos por las de hardware con redes de control industrial, para finalizar con las de software con conexión directa al PLC y después las de hardware.

Aún así es interesante ver que por el lado académico se está impartiendo estos temas de manera mayormente práctica, concordando con el sentimiento de no necesidad, en algunos casos, de mayor información al respecto y que no solo los docentes las realizan sino que también sus alumnos que son el objetivo a capacitar. Faltaría ver en un estudio complementario sobre este tema y revisar si se tiene el equipo adecuado para acceder a distancia y del porqué no se explotan estas capacidades. Adicionalmente se hará como futura línea de investigación, un comparativo sobre las diferentes marcas y tipos de HMI posibles a implementar en un proceso en los aspectos de rapidez, facilidad de programación y de instalación de las mismas, tomando en cuenta las de hardware y software como Visual Basic©, Labview©, entre otras.

Referencias

3S-Smart Software Solutions GmbH. (9 de Diciembre de 2013). Codesys. Obtenido de Industrial IEC 61131 - 3 PLC Programming: <http://www.codesys.com/>

Balcells, J., & Romeral, J. L. (1997). *Autómatas Programables*. Barcelona: Marcombo.

Castro, G. (2007). Comunicaciones industriales: principios básicos. España: UNED.

Coordinación General de Universidades Tecnológicas. (2000). Universidades Tecnológicas, mandos medios para la industria. México, D.F.: Limusa.

Coordinación General de Universidades Tecnológicas. (2006). Universidades Tecnológicas, Impulsando el desarrollo de México. México, D.F.: Diseño e impresos de Querétaro, S.A. de C.V.

Coordinación General de Universidades Tecnológicas. (14 de junio de 2013). CGUT - Coordinación General de Universidades Tecnológicas. Recuperado el 28 de junio de 2013, de <http://cgut.sep.gob.mx/>

Creus, A. (2007). Neumática e hidráulica. México: Alfaomega grupo editor S.A de C.V.

García, E. (2000). Automatización de procesos industriales. México: Alfaomega grupo editor S.A de C.V.

Kossek, E. E., & Lobel, S. A. (1996). Managing diversity : human resource strategies for transforming the workplace . Cambridge: Oxford : Blackwell Business.

Maloney, T. (1997). Electrónica industrial moderna. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

Mandado, E., Acevedo, J. M., & Pérez López, S. A. (2006). Controladores Lógicos y Automatas Programables. Barcelona: Alfaomega.

María Elena Díaz / El Mexicano. (28 de febrero de 2013). El Mexicano, el gran diario regional. Recuperado el 3 de marzo de 2014, de <http://www.el-mexicano.com.mx/informacion/noticias/1/57/economia-y-finanzas/2013/02/28/655619/bc-sexto-lugar-en-inversion-extranjera.aspx>

Rodríguez, M., & Ramírez, P. (2004). Psicología del mexicano en el trabajo. México, Distrito Federal: Mc Graw Hill Interamericana.

Secretaría de Economía. (20 de Diciembre de 2013). Secretaría de Economía - Baja California. Recuperado el 3 de marzo de 2014, de <http://www.economia.gob.mx/delegaciones-de-la-se/estatales/baja-california>

Secretaría de Educación Pública. (2010). Instituciones públicas de educación superior. México: Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa.

Sempere P., V. (2005). Comunicaciones industriales con Simatic S7. España: Universidad Politécnica de Valencia.

Terzi E.V., R. H. (1999). Controles Lógicos Programables, nivel básico. Alemania: Festo Didactic.