

# Las transformaciones del puesto de trabajo industrial y su incidencia en la actualización de la curricular de la carrera Ingeniería Industrial

Dr. Ing. Bauer Jorge<sup>(1)</sup>, Esp. Arq. Risetto Miguel<sup>(2)</sup>, Ing. Capuano Esteban<sup>(1)</sup>

*Facultad Regional Buenos Aires - Universidad Tecnológica Nacional – República Argentina*

*Medrano 951 C.A.B.A - [doktorjbauer@yahoo.com.ar](mailto:doktorjbauer@yahoo.com.ar) (1)*

*Facultad Regional Avellaneda - Universidad Tecnológica Nacional – República Argentina*

*Av. Mitre 750 Avellaneda – [miguelrisetto@gmail.com](mailto:miguelrisetto@gmail.com) (2)*

## RESUMEN

Entre todos los conocimientos que requiere el ingeniero industrial, los relacionados con el “estudio del trabajo” son fundamentales para desarrollar adecuadamente sus actividades profesionales.

Esta especialidad -iniciada en 1911 por Frederick W. Taylor- se centra en el análisis de los métodos y tiempos que necesita “el hombre con sus herramientas” para realizar determinada tarea de producción en la industria. Esta dupla básica “hombre-herramienta” denominada “puesto de trabajo” ha experimentado una evolución exponencial con la incorporación nuevas herramientas y máquinas cada vez más sofisticadas.

En este marco, el salto cualitativo que implicó la aparición y difusión del “Robot (humanoide)” en la industria ha transformando radicalmente la forma de pensar y concebir los nuevos puestos de trabajos, dado que su uso hoy permite realizar funciones que superan las de cualquier máquina y que también reemplazan las tareas clásicas del ser humano como obrero industrial. Hoy, robots industriales inteligentes y autónomos ya no son excepciones que se implementan solo en las grandes empresas-industrias multinacionales, sino unidades de base que reemplazan cada día más las tareas humanas tradicionales también en las PyMEs.

En tal sentido analizaremos primero las transformaciones del puesto de trabajo en función del avance tecnológico de los últimos 30 años, y las modificaciones que la robótica industrial ha planteado en el estudio de los métodos y tiempos respecto de las clásicas tareas asignadas al hombre y la máquina.

Luego haremos una propuesta de actualización para la enseñanza del estudio del trabajo, considerando la evidente necesidad de incorporar con profundidad el conocimiento de la robótica industrial como contenido en la carrera de ingeniería industrial, preparando de tal modo a los estudiantes para implementar y mejorar puestos de trabajo robotizado con humanoides, necesarios en el diseño y fabricación de los productos innovadores que requiere nuestra sociedad, cada vez mas altamente tecnificada.

**Palabras Claves:** Robótica, Celdas Robóticas, Formación Ingenieros, Puestos de Trabajo, Estudio del Trabajo.

## ABSTRACT

Of all the skills required for the industrial engineer to properly develop their professional activities, a fundamental tool is related are core related "work study".

This specialty-begun in 1911 by Frederick W. Taylor focuses on the analysis of the methods and time you need, "the man with his tools" to perform certain task in industry production. This basic pair "man tool" called "job" has experienced exponential growth with new tools and incorporating increasingly sophisticated machines. In this framework, the qualitative leap that led to the emergence and spread of "Robot (humanoid)" in the industry has radically transforming the way and think and conceive of new jobs, as used now allows functions that exceed any máquina and also replace the traditional tasks and less human as classical industrial worker.

Today, intelligent and autonomous industrial robots are no longer exceptions are implemented only in large multinational companies-industries, but base units that replace everyday human tasks also in SMEs.

Raised the issue, we will first discuss the transformation of the workplace in terms of technological progress of the past 30 years, and amendments industrial robotics has arisen in the study of methods and times with respect to the classical tasks assigned to men and machine.

Then we will make a proposal to update the study for teaching job, considering the obvious need to incorporate depth knowledge of industrial robotics and content in industrial engineering, thereby preparing students to implement and improve positions humanoid robotic work needed in the design and manufacture of innovative products that requires our society, more and more high technology.

**Keywords:** Industrial Robotics, Robotic Cells, Training Engineers Jobs, Work Study.

## 1. INTRODUCCIÓN

Cada vez más se evidencia la estrecha vinculación entre los diversos saberes, las acciones que se encaran a partir de ellos y sus efectos. Los modos en que los avances tecnológicos afectan la vida de la población actual y de las futuras generaciones, tornan imperativo trabajar -como eje transversal dentro de la formación de grado- con cuestiones de fuerte conocimiento tecnológico y también con aspectos vinculados a ética y responsabilidad social, encarando así la formación de los futuros ingenieros y de la colectividad de profesionales especialistas como un todo.

En ese sentido la formación integral de ingenieros que contribuyan a un desarrollo sustentable genera hoy nuevos desafíos que abarcan los más diversos campos y disciplinas del saber, integrando las llamadas “ciencias duras” con las del área de las “humanísticas”.

La nueva disciplina denominada “Mecatrónica” integra saberes –de mecánica, electrónica e informática- y los proyecta sobre elementos tecnológicos fuertemente vinculados a actividades humanas sensibles, como ser por ejemplo la medicina, pero también a las nuevas formas del trabajo y a las organizaciones industriales.

Robótica y Automatización son sub áreas específicas de la disciplina Mecatrónica, que en uno de sus aspectos revoluciona las formas de producción. Si investigamos los orígenes de estos términos, podremos ver que el vocablo “robot” surge de la imaginación humana y que fue el autor checo Capek quien por primera vez habló en sus escritos de “robots” como trabajadores esclavos.

En otro ícono de la literatura fantástica, Isaac Asimov imagina y anticipa un conjunto de equipos, máquinas y humanoides, que hoy ya dejaron el espacio de la fantasía para ser una realidad concreta en la vida industrial y hasta presente en la vida social en general. Asimov como visionario introduce inclusive la dimensión ética en relación con los avances tecnológicos, con las sabias “leyes de la robótica”, pensadas para los humanoides, “a veces mas humanos que muchos humanos” (1).

En tal sentido, estos avances experimentados en el terreno de la robótica en los últimos 10 años y su proyección a futuro -en la que todos los expertos prevén un crecimiento exponencial tanto cuantitativo como cualitativo- nos motivan a repensar las estrategias de formación de los ingenieros en general y de los ingenieros industriales en particular.

## 2. LAS TRANSFORMACIONES DEL PUESTO DE TRABAJO

### 2.1 El Ingeniero, profesión técnica e innovadora

Como nuestro tema se funda en la relación entre los puestos de trabajo y la ingeniería, nos parece apropiado comenzar por lo que se entiende hoy como “ingeniero”.

En tal sentido en el trabajo- tesis doctoral “Aseguramiento de la calidad y la construcción de sistemas de aseguramiento de la calidad en organizaciones para la formación universitaria de ingenieros” (5), son diferentes los conceptos y definiciones que encontramos para el vocablo “ingeniero” que se generaron históricamente, vinculados a aspectos territoriales y problemáticas específicas. Así, tomamos como una síntesis la definición de COMTE, que describe a nuestro entender las tareas centrales del ingeniero del siglo 20 e inicios del siglo 21 como “... entre los académicos y los dirigentes de la producción y el trabajo, se estructura una nueva categoría, cuya tarea es generar el vínculo entre teoría y práctica. Se espera de ellos la aplicación de conocimientos a las tareas productivas de su entorno de trabajo (2)”.

Si nos remitimos estrictamente al significado de las palabras, la traducción de “ingeniero” en el idioma inglés es “engineer”, claramente vinculada con el vocablo “engine” que significa “motor”. Así vemos que la significación del ingeniero se relaciona fuertemente con la máquina. Pero si hacemos nuestro análisis en la lengua española, al ingeniero se lo vincula con “ingenio”, es decir la capacidad de resolver problemas en forma creativa.

Sintetizando, en ambos sentidos –tanto técnicos como creativos- encontramos como iconos y referentes históricos del ingeniero a figuras como Leonardo da Vinci, Friedrich Taylor y Henry Ford.

### 2.2 Friedrich Taylor y los cambios en el puesto de Trabajo

Como dijimos entre todos los conocimientos que requiere el ingeniero industrial para desarrollar adecuadamente sus actividades profesionales, una herramienta fundamental es la relacionada con el “estudio del trabajo”.

Esta especialidad -iniciada en 1911 por Frederick W. Taylor- se centra en el análisis de los métodos y tiempos que necesita “el hombre con sus herramientas” para realizar determinada tarea de producción en la industria. Esta dupla básica “hombre-herramienta” denominada “puesto de trabajo” ha experimentado una evolución exponencial con la incorporación nuevas herramientas y máquinas cada

vez más sofisticadas. Referentes en la difusión y perfeccionamiento de las técnicas y conocimientos del Estudio del Trabajo son las organizaciones BTE (Bureau de Temps Elementar-Francia) y REFA (Asociación para el diseño de trabajo, la organización industrial y el desarrollo empresarial -Alemania). Ambas organizaciones están presentes en todo el mundo y también en la Argentina, difundiendo y adaptando conocimientos específicos en un esquema crecientemente trans-disciplinario, trabajando junto a otras en el marco de la OIT (Organización Internacional del Trabajo)

Ya en una nueva época y siglo, el salto cualitativo queda dado por la aparición y difusión del "Robot (humanoide)" en la industria, que ha transformando radicalmente la forma pensar y concebir los nuevos puestos de trabajos, dado que su uso permite realizar funciones que superan las de cualquier máquina y que también remplazan cada vez más las tareas del ser humano como obrero industrial.

Hoy, robots industriales -inteligentes y autónomos- ya no son excepciones que se implementan solo en las grandes empresas o industrias multinacionales, sino unidades de base que remplazan a las tareas humanas clásicas también en las PyMEs, como lo demuestran los miles de puestos robotizados de la aldea global, de Sudamérica y de la Argentina

### **3. LA ROBÓTICA INDUSTRIAL Y LAS MODIFICACIONES EN EL ESTUDIO DE LOS MÉTODOS Y TIEMPOS**

#### **3.1 Las organizaciones productivas del presente-futuro**

La Ingeniería de Fabricación se enfrenta actualmente, y seguirá seguramente enfrentada en el futuro, a muy importantes retos en la sociedad de la información.

Hoy las plantas industriales deben ser cada vez más flexibles y lo suficientemente ágiles como para responder con rapidez a los cambios en la demanda del producto. En tal sentido y entre otras cosas deben mejorar permanentemente la competitividad de su producción industrial, incorporando automatización-autonomación de la producción y de la metrología, para poder satisfacer las demandas del alto nivel de vida y de confort creciente que piden los consumidores,

Con las modernas tecnologías de la información es posible realizar diseños y producción rentables bajo el impulso directo de las necesidades dinámicas de los clientes. Ésta tarea se potencia aplicando el innovador concepto del modelo MFIF (Multifunction Intelligent Factory [6-7] que posibilita una producción industrial ágil, eficaz y eficiente.

En esta concepción de organización industrial, la aplicación de criterios de flexibilidad en la producción, automatización y robótica deja de estar circunscripta a un esquema interno en fábrica para pasar a ser del tipo inter-fábrica en un entorno de red global. Este nuevo paradigma incluye la interconexión de las diversas fábricas geográficamente independientes, que interactúan en forma estrecha compartiendo recursos, en un esquema retroalimentado de fuerte dinamismo.

#### **3.2 Las Pymes y la Robótica**

La importancia de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) está hoy fuera de discusión en todos los países del mundo, sea como proveedores de la industria o productores de bienes para los consumidores finales.

Nuevos modelos y configuraciones alternativas de futuras organizaciones industriales, que superen y potencien los actualmente difundidos, aun deben ser perfeccionados, sobre todo para los entornos de las pequeñas y medianas empresas (PYMES).

Estos nuevos modelos se pueden seguir desarrollando sobre la base de tecnologías de producción inteligente, un amplio uso de Internet, Tecnología de Computación Distribuida (Distributed Computing Environment DCE), Procesamiento en paralelo de datos de ingeniería y avanzadas técnicas de intercambio de información [1]

De esta manera tanto las asociaciones de fábricas de competitividad mundial como también las PYMES -en un esquema de colaboración, con funciones inteligentes, asociativas, concurrentes, interactivas, modulares, integradas, de aprendizaje permanente, autónomas y de auto optimización- ya están en fase de desarrollo creciente y es fácil predecir que la aplicación en todo el mundo de este esquema de asociaciones y cooperación se impondrá en un futuro cercano.

En este modelo nuevo de empresas interviene muy fuertemente la Robótica en los puestos de trabajo y en especial en las áreas de transformación, siendo un aspecto que requiere indudablemente personal capacitado, formado conceptual y operativamente.

Los sistemas inteligentes de fabricación (IMS) son la base para la realización de tal tipo de estructura y entorno de colaboración, en la cual las empresas grandes, medianas y PYMES, están funcionalmente y en sus configuraciones integradas con otras unidades productivas en la aldea global, para producir e integrar sus respectivos MFPs (Multifunction Products).

El objetivo es lograr la fabricación inteligente y económica de productos MFPs, el control y gestión de la calidad en entornos MFIF -especialmente orientada también a PYMES-, de forma de organizar y

estar preparado para soluciones flexibles de todo tipo de tareas metroológicas en un entorno de fabricación automatizado inteligente.

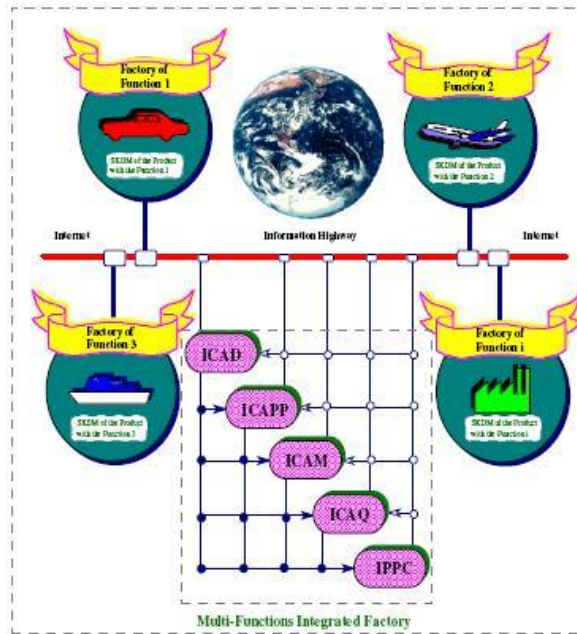


Figura 1. Integración inteligente y automatizada del aseguramiento de la calidad (ICAQ) con Computación Inteligente de asistencia Metrología (ICAM) en el modelo de MFIF y la colaboración de las PYMES, respectivamente.

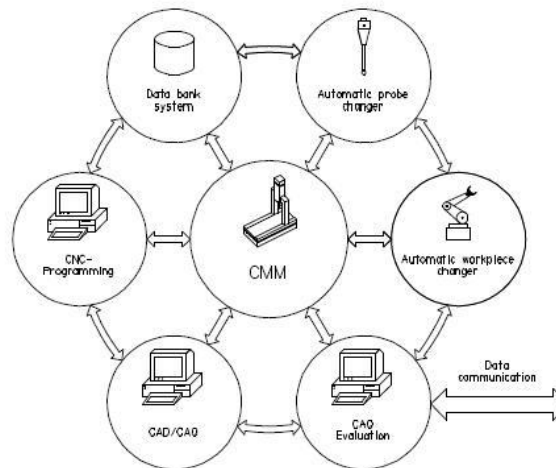


Figura 2. Configuración de una celda de aseguramiento de la calidad inteligente, con robótica industrial integrada

### 3.3 Automatización y Autonomación

La definición del concepto y vocablo automatización toma también distintas formas en función de lugar y entorno social. Analizar la historia de la automatización es no solo una tarea apasionante sino también la forma ingenieril de entender el pasado, el hoy y proyectarlo a futuro. Hacer futurología no es una tarea muy científica, pero analizar comportamientos, fijar puntos y definir una curva de tendencia es una práctica consensuada en la ingeniería. En ese sentido podemos decir que la curva de tendencia respecto de la automatización seguirá un crecimiento exponencial con nuevos cambios no solo cuantitativos sino también saltos cualitativos

Desde un punto de vista pragmático, tan cercano al quehacer del ingeniero, la definición que más nos satisface es la de la OIT (Organización Internacional de Trabajo) que define automatización como el “Nivel en el que el trabajo humano es reemplazado por maquinaria”. En ese concepto vemos una definición (acotación de conjunto) ampliamente consensuada ya que la OIT es seguramente la

organización madre cuando de Trabajo debatimos. Pero también observamos en la definición la expresión dinámica, ya que lo que era antes -por ejemplo- un lavarropas automático para nuestras abuelas y madres difícilmente sea considerado hoy un lavarropas automático. Igualmente, en su momento, un lavarropas de los años 1950 indudablemente era automático y respondía íntegramente a la definición presentada de la OIT.

### **3.4 Autonomación**

Un cambio en los paradigmas de la automatización lo establecen las técnicas japonesas. Es conocido que el americano Deming fue invitado a Japón a explicar sus ideas y experiencias en el área de producción y calidad, revolucionando sus enseñanzas todo el esquema productivo de la industria nipona. No solo específicamente en calidad, sino perfeccionado con creatividad también distintos aspectos de otras técnicas complementarias como "Kaisen = mejora continua" y "Autonomación = jidoka" por ejemplo.

Las enseñanzas de esas técnicas, promovieron no solo construir máquinas "automáticas" sino "apuntar a las máquinas autónomas". En ese sentido una máquina automática desarrolla un ciclo simple o complejo sin la intervención del hombre, y el resultado puede ser tanto la transformación correcta o una pieza "defectuosa = scrap".

A diferencia de una máquina automática, una máquina autónoma controla la calidad de la transformación en el producto y detiene en forma autónoma el proceso cuando los desvíos y la variabilidad superan los límites establecidos. En sus niveles superiores una máquina autónoma es capaz de autocorregirse.

Como ejemplo citemos una máquina de control numérico con sistema de autonomación, que al detectar desgaste o rotura de herramientas por diferencias dimensionales de cotas, reemplaza en forma autónoma la herramienta por una equivalente, evitando la generación de "scrap". Automatización y autonomación en la industria moderna son entonces conceptos cuya materialización están directamente vinculados a la robótica industrial.

## **4. LA ACTUALIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DEL ESTUDIO DEL TRABAJO**

### **4.1 La formación de ingenieros e ingenieros industriales**

En el marco de lo expresado, los cambios trans-disciplinarios que experimenta la ingeniería en los distintos frentes en los últimos años son muy fuertes.

Históricamente las carreras de ingeniería tendieron a la especialización. Surgen de esa forma el ingeniero civil, el mecánico, el eléctrico, el electrónico, el informático, el naval y muchos otros. Dentro de ese esquema, la ingeniería industrial aparece para formar un "ingeniero de gestión - generalista" para trabajar en la industria y capaz de interactuar entonces tanto con los demás ingenieros y técnicos como con las demás estructuras comerciales y económicas presentes en toda empresa.

En tal sentido, la aparición en escena de la robótica y la automatización-autonomación en la producción y los servicios implicarán un ingeniero industrial con profundos conocimientos en estos temas, capaz de convocar a los especialistas y de articular eficaz y eficientemente sus saberes.

Es importante mencionar que existe en muchos países del mundo la "ingeniería mecatrónica" que vincula conocimientos de las ingenierías mecánica, informática y electrónica, abordando fuertemente temas de robótica y fabricación flexible, en un ejemplo claro de acción tras disciplinaria multifacética. Pero vale aclarar que la implementación de esta ingeniería Mecatrónica se encuentra aún en discusión en nuestro país, y que es -como se dijo- una carrera altamente especializada y con los alcances ya mencionados. En tal sentido, no aborda sistémicamente los aspectos de gestión y su relación con la optimización de la producción y los procesos, donde la formación "generalista" del ingeniero industrial seguirá siendo efectivamente irremplazable.

### **4.2 Las normativas universitarias que regulan la Ingeniería Industrial en la Argentina**

La Resolución ME 1054/2002 fija -entre otras cosas- los contenidos curriculares básicos, la carga horaria mínima, los criterios de intensidad de la formación práctica, los estándares para la acreditación de la carrera Ingeniería Industrial y las actividades profesionales reservadas al título.

Esta norma -que data ya de más de 12 años- no menciona explícitamente en ningún momento conceptos hoy ya totalmente arraigados como robótica, automatización o fabricación flexible. Si dice -y casi complementariamente- que "el título de ingeniero industrial debe proporcionar además, conocimientos de Instalaciones Industriales y Tecnologías de Procesos y Producción", pero hoy esto no pareciera suficiente.

En la evolución tecnológica actual, los cambios son tan acelerados que los 12 años referidos podemos considerarlos un periodo importante de tiempo. Por ejemplo en ese lapso el Ministerio de Educación

Ciencia y Tecnología se reestructuró formándose específicamente un Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, que sin dudas refuerza la importancia de nuestra postura. Innovación productiva y robótica no son dos aspectos o variables independientes, sino las dos caras de la misma moneda, ya que procesos productivos innovadores sin automatización robótica son hoy difíciles de concebir.

Para mayor abundamiento, es conocido que el Ministerio de Educación por medio de la CONEAU – Comisión de Evaluación y Acreditación Universitaria- solicitó al CONFEDI –Consejo Federal de Decanos de Ingeniería- la revisión de los contenidos y alcances de todas las carreras de ingeniería del país para el año 2018.

Por otro lado, si tomamos como referencia el “Diseño curricular de la carrera ingeniería industrial”, de la Universidad Tecnológica Nacional –Ord. UTN CS N° 1114 del año 2006- notamos que tampoco se mencionan explícitamente aspectos como robótica industrial y/o automatización flexible, pero si se definen en forma pautada criterios que los incluyen, como:

“...debe avanzar sustancialmente respecto del concepto tradicional del ingeniero para atender las demandas y necesidades de la sociedad en general y del mercado laboral en particular, que hoy en día aparecen signados por:

- **Nuevos paradigmas tecnoproductivos**, basados en el espectacular avance de las tecnologías de la información y la comunicación.
- **Responsabilidad ética de los profesionales** frente a requerimientos sociales cada vez más explícitos de respeto medioambiental y preservación de recursos para las generaciones futuras, que en el ámbito técnico se expresan mediante la concepción del desarrollo sustentable.
- **Configuración de nuevos espacios transdisciplinarios**: confluencia de la micro-electrónica y la micro-mecánica en el nuevo campo de la nanotecnología; desaparición de fronteras entre ciencia y tecnología en áreas como la bioingeniería y la manipulación genética; abandono de tradicionales conceptos estancos, como la distinción entre ingeniería de procesos e ingeniería de productos, para alcanzar una síntesis en la denominada ingeniería concurrente.

En este contexto, el Ingeniero Industrial debe prepararse para ser un gestor eficaz de recursos y procesos y para actuar como interlocutor válido entre las áreas de producción, administración y comercialización que configuran a la empresa.”

En tal sentido, considerando que tanto la UTN referida como las demás instituciones educativas universitarias que dictan ingeniería industrial en el país se rigen por la Resolución 1054 del Ministerio de Educación, que esta no menciona específicamente los contenidos de robótica y que justamente existe la posibilidad de modificar esta norma, es que consideramos incorporar estos contenidos a la misma.

### **4.3 Experiencias educativas concretas**

Es sabido que es imposible en una norma o plan de estudio incluir temas que resuelvan absolutamente los cambios que depara el futuro. En tal sentido este campo lo cubren los espacios electivos, que otorgan la flexibilidad necesaria para adecuarse a la dinámica que imponen los cambios tecnológicos, regionales y sociales.

Al respecto, no son pocas las asignaturas electivas –u optativas- que surgen con enseñanzas de robótica, fabricación flexible o mecatrónica en distintas carreras de las facultades de ingeniería en general y la UTN en particular. Así, estas materias optativas son una solución válida para adecuar las carreras al vertiginoso avance en ciencia aplicada y tecnología.

Experiencias de universidades europeas -y también algunas particulares en la argentina- muestran también a las asignaturas optativas de fuerte contenido transdisciplinario para articular alumnos de distinta formación de base o especialidades.

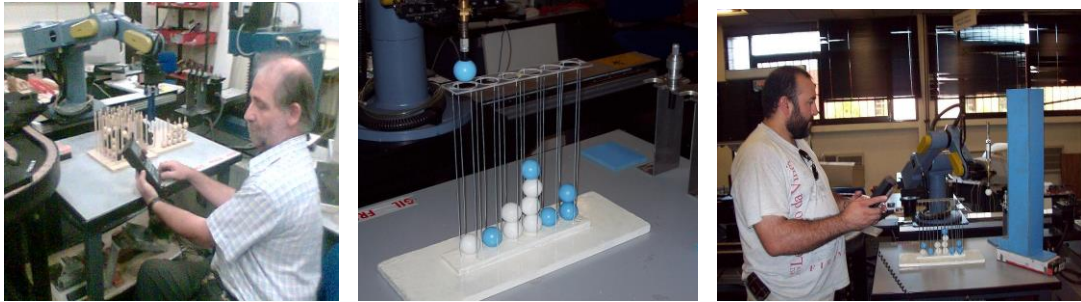
Todas estas realidades nos refuerzan nuestra posición de que los contenidos relacionados con la robótica ameritan ser mencionados específicamente en las normas y contar con espacios y asignaturas propios acordes a la importancia demostrada.

#### **4.3.1 El laboratorio CIM-FI-UNLZ - Universidad Nacional de Lomas de Zamora.**

El laboratorio CIM = Computer Integrated Manufacturing (Manufactura asistida por computadora), fue montado en 1999 como laboratorio específico de la carrera de ingeniería industrial. Robots cartesianos, scada, antropomórficos, transportes inteligentes y máquinas de control numérico son solo la punta del iceberg de un centro de manufactura flexible que evolucionó hacia un entorno MFIF. En ese entorno no solo se trabaja enseñando robótica y control numérico, sino que los alumnos hacen



prácticas de las materias Procesos lógicos, Operativa, Estudio del trabajo, Logística, Redes y Calidad entre otras, incorporándose en el último tiempo también la cátedra de Análisis matemático como manera de que los futuros ingenieros vinculen ecuaciones diferenciales a la forma de prever y proyectar trayectorias.



**Figura 3.** Prácticas robóticas en la cátedra de Procesos lógicos.



**Figura 4.** Prácticas robóticas en la Cátedra de análisis matemático.

#### **4.3.2 El laboratorio CNC-Robótica UTN – FRBA –Facultad Regional Buenos Aires.**

En una dirección equivalente en el campus de la UTN-FRBA se montaron un conjunto de equipos industriales computarizados como son un centro de mecanizado CNC, un robot KUKA de 140 kg de capacidad de porte y últimamente un torno CNC de gran tamaño

Sobre estos equipos trabaja la cátedra de robótica industrial y la cátedra de automatización en logística, como maquinas independiente y como celda flexible, haciendo uso de sus prestaciones y posibilidades también el equipo de investigadores del PID Multifunction Intelligent Robot & Exoesqueleto como grupo vinculado a la cátedras.



**Figura 5.** Prácticas robóticas sobre centro de mecanizado CNC, un robot KUKA y torno CNC

### 4.3.3 Cátedra Transversal Robótica Industrial UTN-FRBA

La cátedra transversal de Robótica industrial de la UTN-FRBA es experiencia piloto en una optativa que incluye alumnos de las carreras de ingeniería mecánica, eléctrica e industrial. Enmarcada en el enfoque trans-disciplinario presentado en el escrito busca transferir no solo conocimientos específicos sino que principalmente conceptos y generar el referido entorno de formación trans-disciplinario. Además de dos trabajos prácticos específicos la cátedra se articula a través de un Trabajo Práctico integrador donde equipos de alumnos de las tres disciplinas se conforman para robotizar un puesto de trabajo y la cátedra envía a los alumnos a situaciones reales en la industria, con experiencias concretas en empresas importantes y PYMES con las siguientes consignas:

Objetivo general: Diseño integral de una celda flexible robotizada como mejora de un puesto de trabajo existente (asignado por la cátedra) reduciendo la mano de obra directa como mínimo a la mitad por la implementación de unidades robóticas.

Objetivo específico: Garantizar 3 aspectos claves: Efectividad-Seguridad y Factibilidad del proceso

Debiendo el informe contener los distintos aspectos descriptos a continuación:

Fases	Valor	Tema	Contenido
1	2	Empresa	-Descripción de la empresa -Descripción breve del proceso a robotizar -Detallar la estructura actual (operarios y mecanismos)
2	5	Detalle del caso	-Explicar, con criterio de Ing. Industrial la problemática y los objetivos a lograr. -Diagramar el proceso actual
3	16	Robot	-describir el o los robots que interactuarán en el proceso, grippers, mesas y accesorios. (seleccionar a partir de proveedores potenciales y modelos comerciales)
4	10	Análisis descriptivo	-Detallar todos los componentes necesarios que conformarán la celda., -Explicar la función de cada uno. (listado de compra en proveedores preferentemente o fabricantes especiales sobre planos en alternativa)
5	10	Lay out	-Lay out detallado de la celda robótica proyectada
6	3	Camino crítico	-Plantear el camino crítico en la fase de implementación de la celda y llegar a estimación de duración implementación
7	15	Especificaciones de compra	-Hoja de especificación (Compra) -Estimación presupuestaria macro
8	11	Simulación	-Simulación VIRTUAL del proceso integral en el computador (software de simulación provisto por la catedra)
9	10	Programación	- Programación REAL sobre el robot KUKA-UTN-FRBA (alt. CIM – lomas ) de una secuencia simulada (parcial a definir)
10	3	Montaje	-Explicar la secuencia, los elementos necesarios y las particularidades del montaje del o los robots de la celda y definir especificaciones de subcontratación.
11	1	Mantenimiento	Definición de repuestos y mantenimiento durante la vida útil
12	10	Análisis de recupero de inversión	-Recupero de inversión -Tiempo de amortización -Análisis de beneficios indirectos
13	2	Impacto Ambiental	-Analizar el impacto negativo o positivo al ambiente (antes y después de la celda)
14	2	Manejo de RRHH y RSE	Estrategia de Responsabilidad Social Empresaria y manejo de RR.HH. existentes + a incorporar



15	10	Seguridad	Enumerar cada uno de los sistemas de seguridad que conforman la celda, explicar detalladamente el funcionamiento de cada uno.
16	--	Conclusiones	A la gerencia general, la gerencia de producción y la gerencia económica financiera - sin agregar contenidos nuevos
17	--	Recomendaciones	-experiencia real – factibilidad – otras observaciones

De esa manera el estudio del puesto de trabajo y automatización flexible en una celda robotizada integra los más distintos aspectos y los conocimientos específicos de la cátedra junto a múltiples elementos de toda la carrera. Es fácil de apreciar que si se elige mal el robot a incorporar o su esquema de gripper manipulador ello influye directamente en casi todos los otros elementos del trabajo. Si el robot está sobredimensionado fuertemente la inversiones necesarias serán muy elevadas y la capacidad de recupero de la inversión estará muy reducida. Por otro lado una sub definición del equipamiento implica un puesto que ni siquiera será eficaz, con lo cual no entrara en funcionamiento y no habrá retorno de inversión sino solo pérdidas.

## 5. DETECCIÓN DE NECESIDADES Y PROPUESTAS

### 5.1 Estudio del trabajo

En el marco de lo expuesto se reconoce la necesidad de implementar en mayor medida la robótica industrial como base en la formación de ingenieros industriales. El Estudio de trabajo en el estricto sentido Tayloriano significó muchas veces programar los micro movimientos de humanos como se percibe en las técnicas de MTM. Los cambios tecnológicos y los económicos nos llevan a que hoy los robots industriales estén no solo en grandes empresas sino en cada vez más PYMES.

En tal sentido se decidió interrogar a nuestros alumnos sobre las siguientes preguntas:

- a- Considera que la automatización y la robótica debe estar Más-Igual-Menos presente en la currícula de estudio de la ingeniería.
- b- Estimo que en 10 años los robots industriales estarán Más-Igual-Menos presente en las fabricas  
El 95 % contesta con Más a la pregunta "A"  
Y el 93% contesta con Más a la pregunta "B"

Otro punto interesante del relevamiento esta dado por las observaciones emitidas cuando en la misma encuesta se pregunta: Como me imagino los robots en la vida diaria cuando tenga yo 45 años, mi edad hoy es de xx.

Considerando que nuestros estudiantes serán profesionales en el pleno de sus capacidades de creación y dirección en aproximadamente 10 años, es indudable que la formación en "robótica industrial" ya no puede ser una optativa en la carrera del ingeniero industrial sino elemento básico que replantea toda la estructura de la asignatura del Estudio del Trabajo.

### 5.2 Robótica: Innovación y Emprendedorismo

Hay distintas tecnologías que se difunden en forma creciente como ser soldadura por laser o corte por chorro de agua que prácticamente no son aplicables si no se las combina con un brazo robotizado.

La relación que hoy tiene la robótica con la innovación, y la innovación con el emprendedorismo, hace que debamos formar a nuestros jóvenes en con estas actitudes sea un desafío y uno de los enormes avances y conceptos que se intentan incorporar a la formación universitaria en los últimos años.

El estudiante universitario de la generación de los 80 soñaba con ser gerente de ingeniería de una gran empresa internacional antes de generar un propio núcleo productivo. Esas aspiraciones aún siguen presentes en la mente del futuro graduado, por lo que debemos ocuparnos urgentemente en formar profesionales creativos y emprendedores en su concepción más amplia, para que generen y desarrollen sus propias empresas y den nuevas posibilidades para producir puestos de trabajo.

Un ejemplo al respecto es que en la argentina de las 5-10 empresas que dan servicios en integración de robótica industrial en celdas completas, un porcentaje ínfimo fueron creadas y están dirigidas por profesionales universitarios de la ingeniería. En muchas de ellas los ingenieros son empleados es decir obreros calificados, especialistas pero no emprendedores, y debemos revertir esta realidad.

En tal sentido podemos mencionar las acciones que en la Argentina está llevando adelante el PRECITYE –Programa Regional de Innovación y Emprendedorismo- dependiente de la SPU – Secretaría de Políticas Universitarias- que implementó diversas acciones vinculadas tanto con la capacitación docente como con acciones motivadoras dirigidas a los estudiantes de ingeniería.

De las primeras podemos destacar los cursos de Formación de Formadores (Innovación y Emprendedorismo) y la Especialización en Gerenciadores Vinculadores Tecnológicos –GTEC-.

De las segundas merece mencionarse el Rally Latinoamericano de Innovación, donde estudiantes de ingeniería –trabajando también con estudiantes de otras carreras para tener una visión transdisciplinaria- deben presentar en 30hs de trabajo continuo problemáticas de innovación tecnológica y social. Esta “competencia” tiene como incentivos premios locales para los alumnos –en las Unidades Académicas donde cursan- y también premios nacionales donde se seleccionan los mejores grupos de la Argentina para participar junto con los otros trabajos de países de la región en el Congreso Mundial de Ingeniería, de donde saldrá elegida la mejor propuesta a nivel global.

Estas actividades motivadoras hacia el estudiante son especialmente muy importantes en la formación del ingeniero, que tradicionalmente está acostumbrado a que un problema tiene un único resultado acertado. En tal sentido, este concepto contrasta fuertemente con la visión emprendedora, donde el fracaso es lo más frecuente, y es además importante porque es la fuente inspiradora de nuevos emprendimientos y del éxito final. En esto tenemos ejemplos sobrados en la historia, como T. Edison y su lámpara eléctrica, H. Ford y su modelo “T” y más cerca S. Jobs y Apple y sus start up.

Está visto entonces que para tener alumnos e ingenieros creativos-innovadores-emprendedores- es necesario trabajar también “hacia adentro” de las carreras, capacitando y ejercitando desde un inicio al estudiante para la “detección” y posteriormente el abordaje de nuevos “problemas”.

Esto viene a cambiar el modelo tradicional de enseñanza “teoría-práctica” y en cierta parte también al más moderno de “práctica-con sustento teórico” donde el problema lo da el docente. Deberíamos pasar entonces a motivar en el estudiante esta capacidad de “detección de necesidades y oportunidades”, y cuya síntesis sería lo que dijo Miguel Cornejo “Creatividad es ser un descubridor permanente de nuevos problemas.”

En este orden de cosas es que en el año 2013, la SPU solicitó a la AACINI –Asociación Argentina de carreras de ingeniería industrial y afines- trabajar orgánicamente en todo el país y en cada una de estas carreras, con el fin de incorporar transversalmente los contenidos y capacidades de “creatividad-innovación-emprendedorismo”. De este modo tendríamos la posibilidad de que la formación sea gradual y a lo largo de toda la carrera, mediante contenidos incorporados en asignaturas obligatorias existentes –para no modificar planes de estudios y dar un piso de formación general al respecto- y complementándose además con las asignaturas electivas, que serían cursadas por aquellos estudiantes realmente interesados en profundizar sus actitudes innovadoras.

Es muy importante destacar que estas acciones se encuentran enmarcadas en el Proyecto de “Formación de Capacidades de Vinculación Científica y Tecnológica para los Ingenieros Industriales”, en el marco del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros, en particular para el desarrollo del Eje Estratégico B, denominado “Aporte al Desarrollo Territorial” y que cuenta con el apoyo para su realización de la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (ADIMRA).

Así, desde la ingeniería industrial -con la ya conocida formación en gestión y ahora también con estas capacidades de emprendedorismo- se podrían desarrollar proyectos innovadores no solo de esta carrera, sino también de las otras especialidades de la ingeniería con que cuenta cada Unidad Académica del país, integrando una Red Emprendedora a nivel nacional que iría potenciando la creación de empresas y puestos de trabajo para el futuro del país.

## **6. CONCLUSIONES**

Como vimos, el “estudio del trabajo” -iniciado en 1911 por Frederick W. Taylor- se centraba en el análisis de los métodos y tiempos que necesita “el hombre con sus herramientas” para realizar determinada tarea de producción en la industria. Esta dupla básica “hombre-herramienta” denominada “puesto de trabajo” ha experimentado una evolución exponencial y el salto cualitativo que implicó la aparición y difusión del “Robot (humanoide)” en la industria ha transformando radicalmente la forma de y pensar y concebir los nuevos puestos de trabajos.

Así, en función de lo expuesto, podemos afirmar que entre todos los conocimientos que requiere el ingeniero industrial para desarrollar adecuadamente sus actividades profesionales, la enseñanza del “estudio del trabajo” debe ser repensada con la inclusión de un alto componente de contenidos de robótica industrial.

Pudimos ver también como se relaciona la robótica con los conceptos de creatividad, innovación y emprendedorismo, y de qué modo participan en el nuevo enfoque propuesto para la enseñanza de la ingeniería industrial y la relación con las demás especialidades.

Hoy, a más de 100 años de los postulados de Taylor, debemos formar a todos nuestros ingenieros industriales para comprender y poder actuar frente a estos desafíos de la robótica y la tecnología moderna del siglo XXI, para que puedan con estos conocimientos innovadores y con las capacidades emprendedoras crear y desarrollar empresas y nuevo puestos de trabajo.

En tal sentido, consideramos que la inclusión específica de un conocimiento profundo de la robótica como una nueva herramienta fundamental en la enseñanza del estudio del trabajo puede contribuir a concretar buena parte de estas aspiraciones.

## **5. BIBLIOGRAFÍA:**

1-Bauer, Jorge, Bauer Alfredo, Guardiola Corina, Robótica & Ética. Ciencia & Conciencia, JAR 2012, Olavarría, Argentina.

2-Comte Auguste citado y traducido de Die geburt der Rationalisierung, [Http://people.freenet.de/markuch1/tayt1.htm](http://people.freenet.de/markuch1/tayt1.htm) (2002).

3-Peter Kopacek , Development Trends in Robotics, Elektrotechnik und Informationstechnik, March 2013, Volume 130, Issue 2, pp 42-47 Date: 23 Feb 2013.

4-Taylor F.W Management Científico, Ediciones Orbis A.A Hyspamerica.

5-Bauer Jorge TU-Wien Qualitaetsicherung und die Erstellung von Qualitaetsicherungs - Systeme an Organisationen fuer die universitaere Ausbildung von IngenierInnen (Aseguramiento de la calidad y la construcción de sistemas de aseguramiento de la calidad en organizaciones para la formación universitaria de ingenieros) Tesis Doctoral (2003) Biblioteca TU-Wien.

6-Osanna, P.H., Si, L.: Multi-Functions Integrated Factory MFIF - a Model of the Future Enterprise. Conference Proceedings of "Internet Device Builder Conference", Sta. Clara, May 2000, 6pp.

7-Si, L., Osanna, P.H.: Multi-Functions Integrated Factory. Proceedings of 11th ISPE/IEEE/IFAC International Conference on CARS&FOF'95, Colombia, 1995, 578/586.

8-Ordenanza 1114 del Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional, Diseño Curricular de Ingeniería Industrial.

9-Resolución 1054 del Ministerio de Educación que fija los estándares de la carrera de ingeniería industrial y agrimensura.