

# La investigación-acción como proceso a seguir en los proyectos de vinculación industria-universidad para obtener resultados relevantes para ambas organizaciones

Área de investigación: Administración de la tecnología

## Héctor Javier Cruz Campa

Facultad de Contaduría y Administración  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México

[hectorjcruz@prodigy.net.mx](mailto:hectorjcruz@prodigy.net.mx)

## Modesto Javier Cruz Gómez

Facultad de Química  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México

[mjcg@unam.mx](mailto:mjcg@unam.mx)



Octubre 3, 4 y 5 de 2012  
Ciudad Universitaria  
México, D.F.

CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE  
CONTADURÍA  
ADMINISTRACIÓN  
E  
INFORMÁTICA

Diseno: FEA, Maritza Alvarez Pineda / Montajes: Fotografías: Risto Lopez Chavez

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08



**ANFECA**  
Asociación Nacional de Facultades y  
Escuelas de Contaduría y Administración

División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM  
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

# La investigación-acción como proceso a seguir en los proyectos de vinculación industria-universidad para obtener resultados relevantes para ambas organizaciones

## Resumen

Se presenta un modelo de investigación y desarrollo iterativo y sostenible, aplicable a grupos de trabajo que realizan proyectos de vinculación universidad-empresa, capaz de producir resultados relevantes para ambas organizaciones, basado en el proceso de Investigación-Acción, el cual es utilizado por investigadores de varias disciplinas como desarrollo organizacional, educación y sistemas de información gerenciales. A través de este modelo se generan soluciones a los problemas empresariales en la forma de productos y servicios nuevos o significativamente mejorados. Como resultados académicos se obtienen: publicaciones, aplicaciones de software y sistemas de información; patentes y registros de derechos de autor; tesis de licenciatura, maestría y doctorado; y la formación de recursos humanos en el desarrollo de proyectos empresariales. Todos estos resultados académicos resultan particularmente relevantes por su vinculación directa con la práctica industrial. Para ilustrar los conceptos presentados se expone un programa de investigación de largo plazo, sobre la administración de la información en los sistemas de gestión de la seguridad de los procesos en la industria química y de refinación del petróleo. En el artículo se van a presentar varios de los ciclos de investigación-acción que han surgido y los resultados obtenidos para la industria y la academia.

**Palabras clave:** investigación y desarrollo, investigación-acción, vinculación academia-empresa.

Octubre 3, 4 y 5 de 2012  
Ciudad Universitaria  
México, D.F.

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>  
[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90  
52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08



División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM  
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

# La Investigación-Acción como proceso a seguir en los proyectos de vinculación Industria-Universidad para obtener resultados relevantes para ambas organizaciones

## I. Introducción

La investigación-acción (*action-research*) es una manera cualitativa de hacer investigación en el que se busca entender mejor algún problema social u organizacional complejo, a través de llevar a cabo acciones prácticas encaminadas a la solución de algún problema inmediato, deliberadamente introduciendo cambios en dichas organizaciones y reflexionando sobre las acciones tomadas y sus resultados. Este método ha sido aceptado y utilizado exitosamente en campos como la educación (Carr & Kemmis, 1986), el desarrollo organizacional (Van Eynde & Bledsoe, 1990), y los sistemas de información gerenciales (Baskerville, 1999).

La investigación-acción parte de una epistemología post-positivista que propone que las organizaciones son sistemas complejos sobre las cuales no es posible obtener conocimientos significativos a través de reducir un proceso determinado a unas cuantas variables o componentes, y observar cada una de manera independiente y objetiva, sin interferir en las variables estudiadas (Avison, Lau, Myers, & Nielsen, 1999). Como respuesta, este método sugiere que las organizaciones sean estudiadas como un todo, interviniendo en los procesos que se desea estudiar llevando a cabo acciones encaminadas a solucionar problemas organizacionales inmediatos relacionados con el tema de estudio, y observando los efectos de los cambios resultantes. En esencia, de acuerdo con (Susman & Evered, 1978), la investigación-acción es un proceso cíclico de 5 fases: diagnóstico, planeación de la acción, ejecución de la acción, evaluación y especificación del aprendizaje, donde cada ciclo aporta nuevos conocimientos y aprendizaje sobre la organización, sus problemas y posibles soluciones, así como de los diferentes campos de conocimiento involucrados. La repetición del proceso cíclico puede aportar información desde distintas perspectivas sobre un problema determinado que resulte en una comprensión más completa del problema general, sus sub-problemas y soluciones, e inclusive permitir hacer generalizaciones sobre éstos.

## II. Entorno propuesto

En el presente trabajo se ilustra una posible aplicación de la investigación-acción a grupos de trabajo encabezados por académicos o investigadores que ofrecen o pretenden ofrecer algún tipo de servicio a la industria, a través de proyectos de vinculación industria-universidad. Los servicios compatibles con los fines de una institución de educación superior incluyen estudios, análisis, evaluaciones, diagnósticos y actividades de investigación y desarrollo tecnológico, entre otros. Los grupos de trabajo mencionados, se pueden formar a través de la integración gradual de alumnos de diferentes tipos de programas académicos incluyendo servicios sociales, ayudantías, residencias, estancias, internados, veranos de la investigación, prácticas profesionales, tesis, proyectos de investigación, etc. Finalmente se requiere como prerequisite de cierta infraestructura por parte de la institución académica que idealmente fomente y facilite, o bien cuando menos permita, la realización de proyectos de vinculación industria-universidad.

<http://congreso@fca.unam.mx>  
[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08

### III. Metodología

El primer paso es conseguir que alguna empresa se interese por los servicios o capacidades del grupo de trabajo y se concrete un primer contrato o convenio para la prestación de servicios. El primer servicio que preste un grupo de trabajo académico a una organización debe verse como un medio para entender mejor a la empresa y sus necesidades. Para esto es necesario contar con alguna persona que participe al menos parcialmente en la prestación del servicio (para que cuente con información de primera mano sobre lo que se hizo, cómo se hizo y cuáles fueron sus resultados, además de la interacción con diversas personas de la empresa cliente), y sin conflictos de interés (que no sea directamente responsable del servicio y sus resultados), para que revise de manera crítica tanto el servicio prestado como los resultados obtenidos. Como producto de esta revisión crítica o evaluación se debe buscar:

- 1) Entender mejor las necesidades reales de la empresa que originaron la solicitud del servicio,
- 2) Determinar si los servicios y los resultados obtenidos realmente satisfacen dichas necesidades,
- 3) Identificar áreas de oportunidad en relación a la creación o mejora de procedimientos o herramientas para la prestación de servicios similares,
- 4) Identificar otras necesidades organizacionales no resueltas, o
- 5) Identificar la existencia de algún problema complejo subyacente en la organización que solicita el servicio, el cual no está suficientemente definido o entendido.

En cualquier caso, la evaluación de este servicio se vuelve el primer **diagnóstico** del primer ciclo de investigación-acción, de acuerdo a las 5 fases propuestas por (Susman & Evered, 1978). La naturaleza de la organización cliente, sus problemas y necesidades, así como las áreas de oportunidad identificadas en el grupo de trabajo (proveedor de los servicios), en esta etapa o fase se pueden considerar como suposiciones teóricas que deberán confrontarse con los resultados de alguna acción concreta e inmediata que busque resolver algún problema o aprovechar alguna área de oportunidad identificada, la cual se especifica en la segunda fase de la investigación-acción: **planeación**. La **ejecución** de la acción, tercera fase del proceso de investigación-acción, implica el desarrollo e implementación de algún tipo de solución (técnica o administrativa), lo cual puede realizarse como una actividad paralela a la prestación de servicios por parte del grupo de trabajo. Al igual que en el primer diagnóstico, se recomienda que el investigador participe en el proceso de implementación de las soluciones propuestas para tener información de primera mano que le ayuden en la cuarta fase del proceso: la **evaluación**. Esta evaluación involucra determinar si las acciones realizadas tuvieron los efectos deseados y por ende si las suposiciones teóricas hechas durante la planeación tienen sustento. Si los cambios fueron exitosos, el evaluador debe preguntarse seriamente el papel de la acción en dichos resultados, considerando todas las otras acciones realizadas por la organización. Por el contrario, si los resultados no tuvieron éxito, pueden plantearse nuevas acciones o bien ajustar las suposiciones teóricas que sirvieron de base para las acciones propuestas. Es decir, un resultado negativo puede implicar que las acciones no son las adecuadas para el problema, que no fueron implementadas correctamente, o bien que el problema organizacional es en realidad otro.

Los resultados de esta etapa pueden servir de igual manera como entradas para el diagnóstico y planeación de un nuevo ciclo de investigación-acción. Finalmente, aunque la fase de **especificación del aprendizaje** sea la última, en realidad puede llevarse a cabo durante todas las fases del ciclo. El diagnóstico genera conocimientos potencialmente útiles para otros investigadores sobre la naturaleza de los problemas, necesidades y áreas de oportunidad de mejora de las organizaciones involucradas. Durante la planeación se generan hipótesis de trabajo en la forma de “si hago  $x$  entonces espero que cambie  $y$ , para ayudar a resolver  $z$ ”. En la ejecución de la acción, las actividades propias del desarrollo e implementación de las soluciones propuestas implican por sí mismas una generación de conocimientos aplicados. Finalmente durante la evaluación, el éxito o fracaso de las suposiciones teóricas sobre las cuales se propusieron las acciones realizadas representa un conocimiento útil a la comunidad científica o a practicantes de las disciplinas involucradas para lidiar con situaciones similares. En este sentido la exposición narrativa del proceso de cada ciclo incluyendo qué se hizo, cómo, qué se esperaba obtener y qué se logró resulta particularmente útil. Las soluciones propuestas, en caso de resultar exitosas pueden considerarse innovaciones cuando involucran cambios significativos en los productos, servicios o en la forma en que se llevan a cabo las actividades de las organizaciones involucradas, posiblemente derivados del desarrollo e implementación de alguna nueva herramienta o metodología.

#### IV. Caso de aplicación

Como ejemplo se presenta el caso de un grupo de trabajo académico, del área de ingeniería química, que fue contactado para prestar su servicios para la realización de análisis de riesgos de proceso, como parte de un proceso de implementación de un sistema de gestión de la seguridad de los procesos, en una de las industrias de proceso más importantes del país: Pemex Refinación. Los sistemas de gestión de la seguridad de los procesos son sistemas de técnico-administrativos que involucran un conjunto de elementos interrelacionados con el objetivo de eliminar o minimizar la posibilidad de accidentes mayores (explosiones, incendios y fugas tóxicas) en las empresas que manejan cantidades importantes de sustancias químicas peligrosas. Algunos elementos de estos sistemas son: análisis de riesgos de proceso, investigación de incidentes, integridad mecánica, tecnología de proceso, administración del cambio, auditorías, entrenamiento y desempeño, planeación y respuesta a emergencias, etc. Pemex Refinación representa en México la totalidad de la industria nacional de refinación del petróleo, encargada de procesar poco más de 1.3 millones de barriles diarios de petróleo para producir combustibles (principalmente gasolina, diesel y combustóleo) y otros productos petrolíferos, en cada una de las 6 refinerías que actualmente administra, a través de decenas de procesos físico-químicos de transformación realizadas en cada una de las plantas que integran dichas refinerías.

Como parte de la realización de los análisis de riesgos de proceso se requería la actualización de los diagramas técnicos que muestran esquemáticamente la configuración de los equipos, tuberías, instrumentos y controles, con los cuales se llevan a cabo diversos procesos de transformación en cada planta analizada. De esta manera con cada estudio realizado a cada planta se generaba una gran cantidad de información tanto en soporte físico (alrededor de 5 carpetas de 3 pulgadas por planta) como en soporte digital (disco compacto). La falta de seguimiento a los resultados de los estudios (que contenían los

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08

riesgos identificados y las recomendaciones necesarias para reducir los riesgos a niveles tolerables), la acumulación de carpetas en lugares donde la información contenida en éstas no era utilizada, así como la dificultad para encontrar las versiones previas más recientes de los diagramas requeridos, entre otras situaciones, dieron origen al planteamiento de un problema organizacional subyacente en relación a la administración de la información (algunas veces llamada administración o control de documentos y registros) como un elemento fundamental de los sistemas de gestión de la seguridad de los procesos. El problema de la administración de la información abarca aspectos como la generación, organización y difusión de la información contenida en documentos y registros; la relación de este elemento con otros elementos del sistema de gestión; y su impacto en el logro de los objetivos del sistema.

Para ayudar a aliviar algunos de los problemas identificados, relacionados con la administración de la información, y aprovechando las posibilidades de las tecnologías de información, se planteó como una acción el desarrollo e implementación de un sistema de información que permitiera la consulta de los diagramas técnicos de las plantas de proceso a través de la red interna de la empresa, utilizando páginas web localizadas en una aplicación accesible desde el portal de información de cada refinería con un navegador. Las dificultades técnicas fueron superadas y el sistema se implementó con éxito en dos refinerías integrando los diagramas disponibles hasta el momento. A través del seguimiento al uso del sistema se pudo constatar que estos diagramas, junto con los manuales de operación, constituyen la información técnica más importante de las plantas de proceso, y que el sistema permitía el acceso fácil y rápido, a dichos diagramas, a cualquier ingeniero en toda la empresa que los necesitara. La visibilidad de la información dentro de la empresa, también resultó un medio para mostrar los avances en la implementación del sistema de gestión de la seguridad de los procesos, en relación al elemento llamado “tecnología de proceso”, el cual consiste principalmente en demostrar que se cuenta con la información técnica de los procesos que manejan sustancias peligrosas, actualizada y disponible. La respuesta de la empresa fue, por una parte, oficializar el sistema como fuente de la versión actualizada de estos diagramas, y por otra, solicitar al grupo de trabajo varios proyectos para completar la actualización, digitalización e incorporación a dicho sistema de información, de todos los diagramas de todas las plantas en 2 de las 6 refinerías del país. Esto representó un cambio importante en el grupo de trabajo: ampliando la oferta de servicios, provocando que el grupo creciera de manera importante (llegando a alrededor de 60 integrantes) para poder satisfacer las necesidades de la empresa, y además proveyéndolo de una ventaja competitiva en relación a otras instituciones de educación superior e institutos de investigación que también realizaban análisis de riesgos de proceso (en las dos refinerías en donde se tenía implementado el sistema de información de diagramas técnicos, los proyectos de análisis de riesgos y actualización de diagramas técnicos fueron otorgados exclusivamente a éste grupo de trabajo). Desde el punto de vista académico se generaron varias tesis de licenciatura relacionadas con la documentación y el proceso de implementación del sistema. Con respecto a las contribuciones a los distintos campos de conocimiento involucrados se generó evidencia empírica en relación a: la importancia de la organización, difusión y acceso a la información en las organizaciones aprovechando las tecnologías de información; y de contar con un solo punto de acceso, disponible para todos los usuarios potenciales, como fuente principal y oficial de la documentación vigente en la empresa (en este caso, la documentación técnica de las plantas de proceso). Por otra parte, a

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08

través del seguimiento del uso de la información contenida en el sistema se pudo aprender más sobre las relaciones entre los elementos que constituyen un sistema de gestión de la seguridad de los procesos, necesarias para que se logren los objetivos del éste último. Particularmente se detectó la necesidad de ampliar el alcance del sistema de información para contener de manera organizada la documentación principal requerida para todos los elementos del sistema de gestión de la seguridad de los procesos, incluyendo manuales, procedimientos y otros tipos de documentos. Este sistema de información fue desarrollado, implementado y evaluado en un ciclo de investigación-acción posterior.

La interacción positiva y constructiva por parte del grupo de trabajo con Pemex Refinación, generó una relación de confianza que derivó en la identificación de otras necesidades relacionados directamente con otros elementos del sistema de gestión de la seguridad de los procesos en implementación (análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica). De esta manera, se iniciaron otros ciclos de investigación-acción, como parte de lo que pudiera considerarse como un programa de investigación a largo plazo sobre la administración de la información en los sistemas de gestión de seguridad de los procesos, los cuales han resultado en otros desarrollos incluyendo: un software de aplicación para la documentación y reporte de las sesiones de análisis de riesgos de procesos; una metodología para la especificación de los requerimientos de integridad de los sistemas automáticos de seguridad (SIS, *Safety Instrumented Systems*) de las plantas de proceso; una herramienta informática para el dibujo rápido de diagramas utilizados en la inspección técnica de tuberías y equipos que manejan sustancias peligrosas; y un sistema de administración de datos de inspección técnica. Estos desarrollos y su implementación, han cambiado significativamente el enfoque del grupo de trabajo en varias ocasiones, diversificando los servicios que es capaz de prestar a la industria, y requiriendo de hasta cerca de 100 integrantes para satisfacer las necesidades de Pemex Refinación. Para la industria nacional de refinación del petróleo, estos desarrollos han representado soluciones efectivas a algunos de los problemas inmediatos en relación a la implementación de su sistema de gestión de seguridad de los procesos. Académicamente, se han podido realizar publicaciones en revistas internacionales arbitradas (Cruz-Campa & Cruz-Gomez, 2010), registros de derechos de autor del software generado, y se han generado temas de tesis para decenas de alumnos de licenciatura, principalmente en el área de ingeniería química, pero también en el área de ingeniería en computación.

A través de los años se ha visto que los esfuerzos de implementación y mejora del sistema de gestión de seguridad de los procesos de Pemex, considerando todos los elementos que lo conforman, han resultado en dos reducciones importantes de los índices de frecuencia y gravedad de accidentes en sus etapas iniciales, seguidas de un periodo de estancamiento. Finalmente, como producto de este programa de investigación basado en la investigación-acción, se ha establecido la hipótesis de que una tercera reducción importante en los índices de accidentes será posible sólo con la administración integral del sistema de gestión a través de la integración y consolidación de los sistemas de información que contienen la información que maneja cada elemento del sistema de gestión, dicho de otra manera más general, en un sistema de gestión, la eficacia del sistema está directamente relacionada con la eficacia y eficiencia de los flujos de información entre los elementos que lo componen, y en las grandes organizaciones con centros de trabajo distribuidos geográficamente en diversos estados o países, el uso de sistemas de información ampliamente integrados es un

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08

requisito fundamental. Actualmente, en Pemex, se están dando los primeros pasos necesarios para la administración integral del sistema de gestión de seguridad de los procesos, así como de la integración y homologación de los sistemas de información involucrados. De esta manera, de seguirse así, en unos años pudiera determinarse si la hipótesis presentada tiene evidencia empírica que le de soporte o no.

# XVI CONGRESO INTERNACIONAL DE CONTADURÍA ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA



Octubre 3, 4 y 5 de 2012  
Ciudad Universitaria  
México, D.F.

División FCA, México, Anaquel Pineda Montañez | Fotografía: Rutilo López Chávez

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08



División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM  
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

- **Bibliografía**

- Avison, D., Lau, F., Myers, M., & Nielsen, P. A. (1999). Action Research. *Communications of the ACM* , 42 (1), 94-97.
- Baskerville, R. (1999). Investigating Information Systems with Action Research. *Communications of the AIS* , 2 (19).
- Carr, W., & Kemmis, S. (1986). *Becoming Critical: Education, Knowledge and Action Research*. London: Falmer Press.
- Cruz-Campa, H. J., & Cruz-Gomez, M. J. (2010). Determine SIS and SIL usings HAZOPS. *Process Safety Progress* , 29 (1), 22-31.
- Susman, G., & Evered, R. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly* , 23 (4), 582-603.
- Van Eynde, D., & Bledsoe, J. (1990). The Changing Practice of Organisation Development. *Leadership & Organization Development Journal* , 11 (2), 25-30.



Octubre 3, 4 y 5 de 2012  
Ciudad Universitaria  
México, D.F.

# XVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE CONTADURÍA E ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

División FCA, Secretaría Académica y Vinculación con el Medio Ambiente - Fotografía: Raúl López-Chavez

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08



**ANFECA**  
Asociación Nacional de Facultades y  
Escuelas de Contaduría y Administración

División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM  
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510