

***BENCHMARKING A SIETE FACULTADES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN
AMÉRICA Y ESTUDIO DE VIGILANCIA DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL
ENMARCADOS EN UN PROYECTO PARA LA INICIATIVA EFTA-OEA***

IVÁN DARÍO CORTÉS BADILLO

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA
MEDELLÍN
2014**

**BENCHMARKING A SIETE FACULTADES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN
AMÉRICA Y ESTUDIO DE VIGILANCIA DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL
ENMARCADOS EN UN PROYECTO PARA LA INICIATIVA EFTA-OEA**

IVÁN DARÍO CORTÉS BADILLO

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Gestión Tecnológica

**Director
JHON WILDER ZARTHA SOSSA
Magíster en Gestión Tecnológica**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA
MEDELLÍN
2014**

6 de Octubre de 2014

Yo, Iván Darío Cortés Badillo

“Declaro que esta tesis (o trabajo de grado) no ha sido presentada para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad” Art 82 Régimen Discente de Formación Avanzada, Universidad Pontificia Bolivariana.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Iván Cortés', written in a cursive style.

IVÁN DARIO CORTES BADILLO

A la memoria de mi padre, Darío Andrés Cortés Reales,
quien siempre creyó en la educación como herramienta
para el progreso.

AGRADECIMIENTOS

Detrás del trabajo de cada persona hay muchas más que participan de forma indirecta o directa y contribuyen para que ese trabajo se haga realidad. Es por esto que al presentar este trabajo quiero agradecer el apoyo recibido por parte de todas las personas de la Universidad Pontificia Bolivariana que de alguna forma participaron en mi proceso durante esta maestría e igualmente a mi esposa y a mi familia que fueron mi apoyo constante para alcanzar esta meta.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1. ANTECEDENTES	15
i. <i>Benchmarking</i> y su aplicación en la educación	15
ii. La acreditación institucional	19
iii. La ingeniería y la sociedad en América	22
1.2. OBJETIVOS	23
i. Objetivo General	23
ii. Objetivos Específicos	23
1.3. METODOLOGIAS UTILIZADAS	24
i. Etapas para la elaboración de un proceso de <i>benchmarking</i>	24
ii. Tipos de <i>benchmarking</i>	26
iii. Vigilancia Tecnológica	27
2. METODOLOGÍA	30
2.1. ESTUDIO COMPARATIVO	31
i. Etapa de planeación	32
ii. Etapa de análisis	33
2.2. EJERCICIO DE VIGILANCIA	35
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
3.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	41
3.2. ANALISIS POR COMPONENTES	82
3.3. ANALISIS DE CLUSTER	90
i. FLEXIBILIDAD Y MULTIDISCIPLINARIEDAD CURRICULAR	90
ii. INTERNACIONALIZACIÓN	91
iii. MUJERES EN INGENIERIA	92
3.4. RESULTADOS EJERCICIO DE VIGILANCIA	93
i. RESULTADOS PARA COSTEO POR ABC:	94
ii. RESULTADOS PARA BSC, CUADRO DE MANDO INTEGRAL	100
iii. RESULTADOS PARA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL	104
iv. RESULTADOS PARA METAHEURISTICA	110
v. RESULTADOS PARA TECNICAS DE OPTIMIZACION:	114
vi. RESULTADOS PARA PRINCIPIOS EVOLUTIVOS (ALGORITMOS GENÉTICOS, ESTRATEGIAS EVOLUTIVAS) PARA TÉCNICAS PODEROSAS DE OPTIMIZACIÓN	124
vii. RESULTADOS PARA GESTION DE LA I+D	130
viii. RESULTADOS PARA INVESTIGACIÓN DE MERCADOS	137
ix. RESULTADOS PARA PLANEACIÓN POR ESCENARIOS	144
x. RESULTADOS PARA GESTIÓN DE RIESGO FINANCIERO Y CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO (VAR)	150

xi.	RESULTADOS PARA GESTIÓN DE LA INNOVACION:	156
xii.	RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE VIGILANCIA:	161
	CONCLUSIONES	165
	RECOMENDACIONES	169
	BIBLIOGRAFIA	170

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Método de análisis envolvente	18
Gráfico 2. Etapas en un <i>benchmarking</i>	25
Gráfico 3. Sistema de inteligencia competitiva	29
Gráfico 4. Metodología	31
Gráfico 5. Antigüedad del programa de Ingeniería Industrial	41
Gráfico 6. Matrículas en el programa de Ingeniería Industrial	42
Gráfico 7. Cantidad de estudiantes graduados por año	43
Gráfico 8. Razones para la creación del programa de Ingeniería Industrial	44
Gráfico 9. Última revisión interna del programa de Ingeniería Industrial	45
Gráfico 10. Principales Recomendaciones del resultado de la revisión	46
Gráfico 11. Frecuencia revisión interna del programa	46
Gráfico 12. Razones por las cuales se hacen revisiones	47
Gráfico 13. Actores involucrados en el proceso de revisión	48
Gráfico 14. Áreas más comunes donde sus estudiantes trabajan después de la graduación	49
Gráfico 15. Competencias más importantes que desarrolla el programa	50
Gráfico 16. Créditos requeridos, electivos y totales	51
Gráfico 17. Porcentaje de horas dedicadas a ciencia básica	52
Gráfico 18. Porcentaje de horas dedicadas a la formación en ingeniería	52
Gráfico 19. Porcentaje de horas dedicadas a humanidades y ciencias sociales	53
Gráfico 20. Porcentaje de horas dedicadas a otras ciencias de la ingeniería	53
Gráfico 21. Promedio de horas totales dedicadas por áreas de estudio en todos los programas	54
Gráfico 22. Oferta de cursos en áreas de concentración	56
Gráfico 23. Tópicos cubiertos por cursos universitarios	57
Gráfico 24. Porcentaje de participación en actividades extracurriculares	59
Gráfico 25. Tiempo dedicado a actividades extracurriculares	60
Gráfico 26. Acuerdos internacionales con otras universidades	62
Gráfico 27. Planta docente por perfiles	65
Gráfico 28. Oportunidades de sabáticos o pasantías de los docentes	67
Gráfico 29. Tiempo dedicado a proyectos de extensión	68
Gráfico 30. Participación de la mujer en programas de Ingeniería Industrial	73
Gráfico 31. Participación promedio de la mujer por año académico	74
Gráfico 32. Participación de la mujer por año académico y Universidad	74
Gráfico 33. Mujeres docentes de tiempo completo	75
Gráfico 34. Mujeres docentes de tiempo parcial	76
Gráfico 35. Porcentaje de mujeres docentes por universidad	77
Gráfico 36. Porcentaje de estudiantes que se gradúan en 4 o 5 años	78
Gráfico 37. Estrategias para mejorar la tasa de graduación	78
Gráfico 38. Número de estrategias por universidad	79
Gráfico 39. Tasa de deserción por universidad	80
Gráfico 40. Causas de deserción	80

Gráfico 41. Estrategias para evitar la deserción	81
Gráfico 42. Número de estrategias para disminuir la tasa de deserción	82
Gráfico 43. Porcentaje de variabilidad acumulada por tipo de cursos	83
Gráfico 44. Peso de las variables por tipo de curso	83
Gráfico 45. Porcentaje de variabilidad acumulada por cursos electivos	84
Gráfico 46. Peso de las variables por cursos electivos	85
Gráfico 47. Componentes principales para cursos electivos	85
Gráfico 48. Porcentaje de variabilidad acumulada por internacionalización	86
Gráfico 49. Peso de las variables por internacionalización	87
Gráfico 50. Componentes principales para cursos electivos	87
Gráfico 51. Porcentaje de variabilidad acumulada por relación UEE	88
Gráfico 52. Peso de las variables por relación universidad-empresa-estado	89
Gráfico 53. Componentes principales para relación Universidad-Empresa-Estado	89
Gráfico 54. Artículos de costeo por ABC en el tiempo	94
Gráfico 55. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para costeo por ABC	95
Gráfico 56. Artículos de BSC en el tiempo	100
Gráfico 57. Modelo Sigmoidal del acumulado de artículos para BSC	101
Gráfico 58. Artículos de responsabilidad social empresarial en el tiempo	105
Gráfico 59. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para responsabilidad social empresarial	106
Gráfico 60. Artículos de metaheurística en el tiempo	110
Gráfico 61. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para metaheurística	111
Gráfico 62. Artículos de técnicas de optimización en el tiempo	115
Gráfico 63. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para técnicas de optimización	116
Gráfico 64. Artículos de principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización en el tiempo	124
Gráfico 65. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización	125
Gráfico 66. Artículos de gestión de la I+D en el tiempo	131
Gráfico 67. Acumulado producción científica en gestión de I+D	131
Gráfico 68. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para gestión de la I+D hasta 1991	132
Gráfico 69. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para gestión de la I+D desde 1992	133
Gráfico 70. Artículos de investigación de mercados en el tiempo	138
Gráfico 71. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para investigación de mercados	139
Gráfico 72. Artículos de planeación por escenarios en el tiempo	144
Gráfico 73. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para planeación por escenarios	145
Gráfico 74. Artículos de gestión del riesgo financiero en el tiempo	150
Gráfico 75. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para gestión del riesgo financiero	151
Gráfico 76. Artículos de gestión de la innovación en el tiempo	156
Gráfico 77. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para gestión de la innovación	157
Gráfico 78. Porcentaje de variabilidad producción científica en los factores críticos de vigilancia	162
Gráfico 79. Peso de las variables para la producción científica en los factores críticos vigilancia	163
Gráfico 80. Componentes principales para la producción científica en los factores críticos de vigilancia	163

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Universidades y programas estudiados	40
Tabla 2. Créditos por universidad y tipo	50
Tabla 3. Descripción proceso de acreditación por universidad	61
Tabla 4. Tipos de acuerdos por universidad	63
Tabla 5. Recursos y oportunidades para los profesores	66
Tabla 6. Grupos de investigación por universidad	69
Tabla 7. Proyectos en asocio con el gobierno y otros centros de investigación	71
Tabla 8. Clúster de universidades por flexibilidad curricular	90
Tabla 9. Diferencias en cursos por clúster	91
Tabla 10. Clúster de universidades por internacionalización	91
Tabla 11. Variables de internacionalización por clúster	92
Tabla 12. Clúster de universidades por mujeres en ingeniería	92
Tabla 13. Variables por clúster mujeres en ingeniería	93
Tabla 14. Resultados regresión costeo por ABC	96
Tabla 15. Lista de autores con artículos sobre costeo por ABC	96
Tabla 16. Publicaciones con artículos sobre costeo por ABC	97
Tabla 17. Artículos con citas sobre costeo por ABC	99
Tabla 18. Autores con citas sobre costeo por ABC	99
Tabla 19. Resultados regresión BSC	102
Tabla 20. Publicaciones con artículos sobre BSC	102
Tabla 21. Artículos con citas sobre BSC	103
Tabla 22. Autores con citas sobre BSC	104
Tabla 23. Resultados regresión responsabilidad social empresarial	107
Tabla 24. Publicaciones con artículos sobre responsabilidad social empresarial	107
Tabla 25. Artículos con citas sobre responsabilidad social empresarial	109
Tabla 26. Autores con citas sobre responsabilidad social empresarial	109
Tabla 27. Resultados regresión para metaheurística	112
Tabla 28. Lista de autores con artículos sobre metaheurística	112
Tabla 29. Publicaciones con artículos sobre metaheurística	113
Tabla 30. Artículos con citas sobre metaheurística	114
Tabla 31. Autores con citas sobre metaheurística	114
Tabla 32. Resultados regresión para técnicas de optimización	117
Tabla 33. Lista de autores con artículos sobre técnicas de optimización	117
Tabla 34. Publicaciones con artículos sobre técnicas de optimización	118
Tabla 35. Artículos con citas sobre técnicas de optimización	119
Tabla 36. Autores con citas sobre técnicas de optimización	122
Tabla 37. Resultados regresión para principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización	126
Tabla 38. Lista de autores con artículos sobre principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización	126

Tabla 39. Publicaciones con artículos sobre principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización	127
Tabla 40. Artículos con citas sobre principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización	129
Tabla 41. Autores con citas sobre principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización	130
Tabla 42. Resultados regresión para gestión de la I+D hasta 1991.....	133
Tabla 43. Resultados regresión para gestión de la I+D desde 1992.....	134
Tabla 44. Lista de autores con artículos sobre gestión de la I+D.....	134
Tabla 45. Publicaciones con artículos sobre gestión de la I+D	135
Tabla 46. Artículos con citas sobre gestión de la I+D	136
Tabla 47. Autores con citas sobre gestión de la I+D.....	137
Tabla 48. Resultados regresión para investigación de mercados.....	140
Tabla 49. Lista de autores con artículos sobre investigación de mercados.....	140
Tabla 50. Publicaciones con artículos sobre investigación de mercados	141
Tabla 51. Artículos con citas sobre investigación de mercados	142
Tabla 52. Autores con citas sobre gestión de la I+D.....	143
Tabla 53. Resultados regresión para planeación por escenarios.....	146
Tabla 54. Lista de autores con artículos sobre planeación por escenarios.....	146
Tabla 55. Publicaciones con artículos sobre planeación por escenarios	147
Tabla 56. Artículos con citas sobre planeación por escenarios	149
Tabla 57. Autores con citas sobre planeación por escenarios.....	149
Tabla 58. Resultados regresión para gestión del riesgo financiero.....	152
Tabla 59. Lista de autores con artículos sobre gestión del riesgo financiero.....	152
Tabla 60. Publicaciones con artículos sobre gestión del riesgo financiero	153
Tabla 61. Artículos con citas sobre gestión del riesgo financiero	154
Tabla 62. Autores con citas sobre gestión del riesgo financiero.....	155
Tabla 63. Resultados regresión para gestión de la innovación.	158
Tabla 64. Lista de autores con artículos sobre gestión de la innovación	158
Tabla 65. Publicaciones con artículos sobre gestión de la innovación	159
Tabla 66. Artículos con citas sobre costeo por ABC	160
Tabla 67. Autores con citas sobre costeo por ABC.....	161
Tabla 68. Resumen resultados sobre la producción científica referente a los factores críticos de vigilancia..	161
Tabla 69. Pesos de los factores críticos de vigilancia en cada componente	164

RESUMEN

El presente trabajo se enmarca bajo los parámetros del Estudio comparativo y prospectivo de la Ingeniería Industrial a 2025 realizado para la Organización de Estados Americanos (OEA), específicamente para su programa *Engineering for the Americas* (EftA), responsable de establecer necesidades de mejoramiento de la enseñanza de la ingeniería en los países miembros de la OEA. Se realizó una búsqueda de información en fuentes primarias para obtener un acercamiento al estado actual de los programas de Ingeniería Industrial en la región; se creó un instrumento para realizar el ejercicio de benchmarking y se invitó a 7 universidades Norteamericanas a participar en la investigación mediante la aplicación de la herramienta, posteriormente se llevó a cabo un estudio con base en la metodología Delphi (Vélez, 2013) que no hace parte del alcance del presente trabajo pero cuyo resultado sirvió como insumo para determinar los factores críticos sobre los cuales se realizó un ejercicio de vigilancia.

Como resultado de la investigación se analizaron factores como: flexibilidad curricular, estrategias y métodos de enseñanza, infraestructura institucional, prácticas de internacionalización, relaciones Universidad-Empresa-Estado, presencia de mujeres en los programas de Ingeniería, deserción académica y la producción científica en temas que se consideran importantes para los programas de Ingeniería Industrial, de tal forma que el análisis de estos factores puede ser utilizado como variables en los procesos de mejora en las facultades de Ingeniería Industrial de los países miembros de la OEA. En este estudio se utilizaron técnicas estadísticas tales como análisis descriptivo, análisis de componentes principales, análisis de clúster y regresión de modelos de curvas en S.

PALABRAS CLAVES: BENCHMARKING; VIGILANCIA; INGENIERIA INDUSTRIAL

INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años la academia ha venido ocupándose de la calidad en la educación. Esto ha llevado, por ejemplo, a la creación de esquemas de acreditación de alta calidad, como el planteado para el caso de Colombia, establecido por el Artículo 53 de la Ley 30 de 1992; el de Panamá determinado en la ley 30 del 20 de julio de 2006 o el ABET, utilizado en Estados Unidos y que tiene sus orígenes en 1932.

Es clara la preocupación por la calidad en los procesos educativos en todos los países, de forma que las universidades buscan acreditar sus programas formando profesionales exitosos en los cambios científicos, tecnológicos y laborales de su entorno (LAU, 2002), sin embargo, es evidente que el largo recorrido que tienen algunas regiones, como la norteamericana, contrasta con los esfuerzos de países como Panamá, lo cual puede contribuir a la existencia de brechas en innovación, buenas prácticas educativas y prácticas exitosas en la articulación con la industria por parte de universidades de algunos países, en comparación con universidades que llevan años trabajando en la búsqueda de la excelencia en sus procesos de formación, como por ejemplo, el programa de Ingeniería Industrial del Instituto de Tecnología de Georgia que está acreditado desde 1949 o el programa de la Universidad de Michigan acreditado desde 1952, solo por mencionar algunos.

Los días 11 y 12 de noviembre de 2004 tuvo lugar en Lima, Perú la “Primera Reunión de Ministros y Altas Autoridades de Ciencia y Tecnología”, en el marco del “Consejo Interamericano para el desarrollo integral” (CIDI) de la Organización de Estados Americanos, esta reunión tenía como objetivo resaltar la importancia de la incorporación de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, la innovación y la educación como grandes fuerzas que impulsan el desarrollo social y económico de los países. Como resultado de este encuentro se promulgó la declaración de Lima, donde los asistentes se comprometieron a implementar un plan de acción, en el que se postula, en el capítulo VI – numeral 2, la Iniciativa Hemisférica Ingeniería para las Américas que tiene por objetivo desde su descripción:

Construir capacidades locales de ingeniería para crear conocimiento que asegure la solución de necesidades locales y abra oportunidades para competir por oportunidades globales. La excelencia en la ingeniería es un ingrediente clave en la aplicación de la ciencia y la tecnología a la solución de los problemas sociales y económicos del mundo de forma que se alcance crecimiento económico.

Es así, como en el marco de la iniciativa “Ingeniería para las Américas” (EFTA por su sigla en inglés) de la Organización de Estados Americanos, se ve la necesidad

de identificar cuáles son los factores que deben considerarse en las Universidades de América con el ánimo de buscar mejoras en el quehacer cotidiano de enseñar de la ingeniería.

Es por eso que esta investigación tiene como objetivo principal identificar las mejores prácticas en contenidos académicos y curriculares, las innovaciones educativas y pedagógicas y las prácticas exitosas en la articulación a la industria de 7 programas de Ingeniería Industrial de Norteamérica dentro del proyecto EFTA-OEA, así como identificar tendencias y aspectos relevantes en la producción científica relacionada a temas críticos para el desarrollo de esta disciplina mediante un estudio de vigilancia.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

Esta investigación se desarrolló en el marco de un proyecto de investigación sobre el estado actual y futuro de la Ingeniería en América, en este caso enfocado en la Ingeniería Industrial, para lo cual se realizó un estudio comparativo (*benchmarking*) entre 18 universidades de Norte, Centro y Sur de América, examinando sus programas de Ingeniería Industrial y se llevó a cabo un estudio de vigilancia fundamentado en los resultados que arrojó un estudio prospectivo en el cual se utilizó una consulta de expertos dentro del marco del proyecto.

Se describen a continuación algunos elementos referentes a los estudios comparativos, su aplicación en el sector educativo, conceptos utilizados en la clasificación de los programas de educación, el impacto de la calidad de la educación en la sociedad y sobre la vigilancia tecnológica, conceptos fundamentales para esta investigación.

i. ***Benchmarking* y su aplicación en la educación**

El *benchmarking* es una práctica utilizada comúnmente en la industria para comparar no solo el desempeño de una entidad con respecto a una norma o estándar, si no que exige, en primer lugar, examinar y entender los procedimientos internos de esa entidad, buscar mejores prácticas en otras organizaciones y finalmente, adaptar estas prácticas dentro de la organización con el ánimo de mejorar el desempeño. Es una forma de aprender de los demás y cambiar lo que se hace (Martin, 1999).

Los estudios de este tipo se aplican comúnmente en la industria como mecanismos de evaluación de la competencia, sin embargo, en el sector educativo se encuentran varios ejemplos de estudios de comparación realizados con diferentes enfoques y objetivos; por ejemplo, se encuentra el caso del estudio realizado en la EAN “*Benchmarking* nacional e internacional de programas de pregrado en administración” (Aponte L. &, 2003) en el cual se buscaban explorar algunos componentes de la Condición Mínima de Calidad inscritos en los referentes del modelo de calidad de la educación superior en Colombia, así como el estudio de la Universidad de los Andes “*Benchmarking* institucional” (Universidad de los Andes) en el cual la universidad busca compararse con algunos referentes para identificar “mejores prácticas” que les permitan realizar acciones de mejoramiento continuo.

En otros países también se encuentran experiencias con Benchmarking en la educación superior, por ejemplo, el estudio “*Benchmarking in Higher Education*” elaborado por la UNESCO (UNESCO, 1998), en el cual se mencionan casos en Canadá, Estados Unidos, Australia, Reino Unido y Europa; así como el caso de la asociación NACUBO (*National Association of College and University Business Officers*) el cual cubrió cerca de 600 aspectos a comparar en distintas funciones administrativas y procesos (Martin, 1999).

En el sector educativo la mayoría de los trabajos de esta metodología se han basado en una transferencia de conocimiento entre pares respetados en la industria, sin embargo, también se utiliza el *Benchmarking* cruzándolo entre industrias, buscando procesos similares de los cuales se puedan aprender nuevas lecciones. Sin embargo, esta es una práctica que ha sido poco usada en los trabajos realizados en este sector, en parte por las dificultades de comparar los procesos de educación con los de otras industrias (Martin, 1999).

El estudio de la EAN se ha convertido en un referente internacional para garantizar la excelencia académica mediante la acreditación de alta calidad en la educación superior, existiendo así modelos nacionales y regionales para este fin. Sin embargo, las condiciones de calidad y los mecanismos de acreditación no siempre son el único indicador de la calidad de un programa educativo, ya que la calidad académica se debe analizar a la luz del impacto colectivo que tiene un programa en las habilidades y destrezas de los graduados de programas de pregrado y finalmente el impacto que estos tienen en la sociedad. En algunos casos los mecanismos de acreditación se concentran en la calidad de los cursos o los profesores sin medir realmente el impacto sobre el graduado (Dill D. e., 1996), esto no implica que los mecanismos de acreditación no sean un elemento confiable para evaluar la calidad de los programas, pero en algunos casos pueden ser insuficientes para un análisis profundo.

En 1999, por ejemplo, se realizó un ejercicio de *benchmarking* con quince universidades privadas en Estados Unidos enfocado en sus departamentos de economía, el propósito fue utilizar este ejercicio como herramienta para la realización de una planeación estratégica a largo plazo (Dearden & Taylor, 2001). Los resultados se enfocaron en la administración de los recursos (humanos y presupuestales), las responsabilidades de enseñanza, la carga de crédito promedio por dictar en el año y las evaluaciones que se realizan a los profesores, explorando, también, las expectativas con respecto a la investigación tanto en términos de calidad como de cantidad. Se evaluaron aspectos como: promoción,

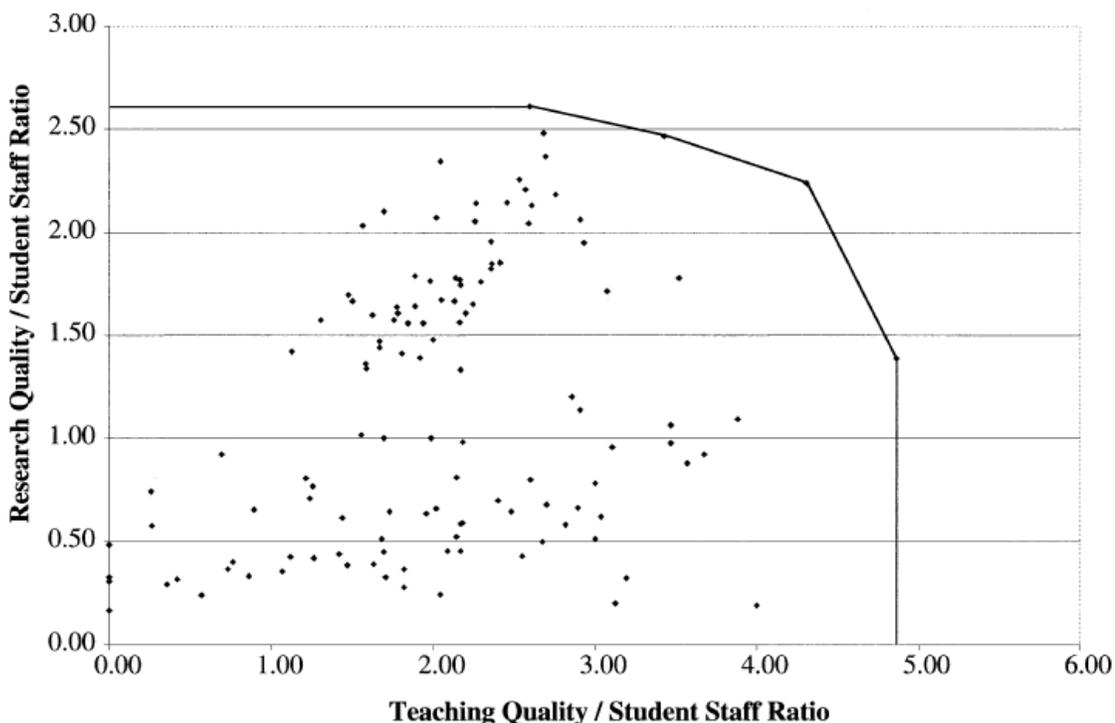
determinación de salarios y los tamaños de los cursos en los cuales se encontró una gran variabilidad.

En el año 2001 se realizó otra intervención de este mismo tipo entre las universidades *Open University* (llamada OU por sus siglas en inglés) en el Reino Unido y la Universidad de Sídney en Australia. Este caso contaba con la particularidad de que las dos universidades tenían grandes diferencias: la OU proveía una experiencia de educación a distancia, mientras que Sídney ofrecía educación presencial intensiva en investigación; el uso de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) eran naturales para la OU, en tanto que para Sídney era un desarrollo relativamente nuevo; la OU atendía unos 180,000 estudiantes en tanto que la de Sídney tenía alrededor de 40,000. El objetivo del ejercicio se centraba en utilizarlo como herramienta en el proceso de aseguramiento de la calidad en la educación y particularmente en el uso de las TIC dentro de este proceso. Para poder realizar un ejercicio de *benchmarking* que fuera comparable para las dos universidades era necesario tener parámetros que las hicieran comparables entre sí a pesar de sus grandes diferencias, inicialmente se identificaron algunos indicadores de calidad en el uso de las TIC que eran comunes, por lo que se enfocó en tres objetivos: 1) cómo involucrar las TIC en las asignaturas, 2) cómo involucrar en el proceso de desarrollo de las asignaturas la calificación que los estudiantes le dan al uso de las TIC y 3) cómo los profesores revisaban de forma sistemática las necesidades de recursos tecnológicos para poder alcanzar los objetivos de la educación. Este trabajo fue un claro ejemplo de cómo pueden compararse instituciones que no son completamente similares en su naturaleza (Ellis, 2006).

Otro campo en el que se ha trabajado este tema es en el desarrollo de metodologías para generar estadísticas en los estudios de *benchmarking*. David Turner de la universidad de Glamorgan realiza una crítica al método de clasificación ("*League tables*" en inglés) y sugiere que otros métodos como el análisis envolvente de datos podría ser más efectivo para la comparación de universidades, debido a que con un método como ese es posible comparar instituciones educativas con diferencias en vocación u otros aspectos (Turner, 2005). En el planteamiento de Turner una forma más equitativa de comparar los diferentes criterios con los que se evalúan las universidades en el Reino Unido implica separar los criterios que son entradas de los que son salidas y obtener una medición de la eficiencia, es decir, cuanto se produce a partir de lo que se tiene. Turner compara un índice compuesto por la calidad de la investigación dividido por la tasa de estudiantes vs. la planta docente con respecto a otro índice calculado mediante la división entre la calidad de la enseñanza y la tasa de estudiantes vs.

la planta docente. El método de análisis envolvente de datos plantea encontrar cuáles universidades están envolviendo a los demás datos.

Gráfico 1. Método de análisis envolvente



Fuente: (Turner, 2005)

En el anterior gráfico se puede observar que las universidades que se encuentran en la envolvente obtienen una calificación de 100 y las que están dentro de la envolvente obtienen una puntuación que depende de su cercanía a esta. La ventaja de aplicación que tiene este método es que está diseñado para hacer comparaciones cuando no se tienen estándares absolutos contra los cuales comparar.

Los procesos de *benchmarking* en el sector educativo no son en sí nuevos y se le han encontrado beneficios. De diversos estudios realizados en el sector educativo se han planteado los siguientes aprendizajes (Martin, 1999):

- El *benchmarking* provee un modelo para la acción, no solo datos

- El *benchmarking* ayuda a distinguir entre la innovación real y los casos en los que la reputación o el mercadeo pretenden vender “mejores prácticas” que no son tan reales.
- El *benchmarking* estimula la búsqueda de ideas por fuera del sector de la educación, en sectores donde puede haber ideas listas para procesos similares al de las universidades.
- Los procesos de *benchmarking* siempre traen algún aprendizaje sin importar en qué nivel esté la institución.
- El aprendizaje de los propios procesos se incrementa en los procesos de *benchmarking*.
- El establecimiento de conexiones con otros pares crea oportunidades para la colaboración.

ii. La acreditación institucional

Desde hace algunos años la preocupación por tener un mecanismo para asegurar la calidad académica en la educación superior ha tomado importancia en múltiples países, incluso se conformó una asociación internacional de organizaciones relacionadas con el aseguramiento de la calidad en la educación llamada “*International Network of Quality Assurance Agencies in Higher Education (INQAAHE)*”. En esta red han venido trabajando en tres conceptos y aproximaciones hacia el aseguramiento de la calidad: la acreditación, la evaluación y la auditoría académica (Dill D. e., 1996).

El proceso de acreditación determina si un programa o una institución cumplen con determinados criterios de calidad y por lo tanto certifican que existen unos estándares mínimos de calidad en la educación; la acreditación incluye la evaluación tanto de los objetivos como de la implementación de los objetivos, igualmente está referenciada en criterios, es decir, evalúa el desempeño a través de unos estándares establecidos.

Un referente en acreditación de programas de educación en ingeniería es ABET, una organización que acredita programas en disciplinas de ciencias aplicadas, computación, ingeniería y tecnologías y actualmente tiene acreditados más de 3100 programas en más de 660 instituciones en 23 países. Varios estudios en el pasado se han centrado en diferentes características de ABET tratando de

identificar aspectos como la relevancia de los criterios de evaluación, su nivel de desarrollo por parte de las universidades, las herramientas que se pueden utilizar como método de evaluación, entre otros. Los beneficios de una acreditación como ABET típicamente se relacionan con una mejora en la cantidad de los estudiantes inscritos, mayor inversión institucional, mayor atracción de docentes mejor calificados y mayores oportunidades de empleo futuro para los graduados (Abel, 2005).

Hay consideraciones que han sido identificadas como elementos clave para una acreditación exitosa, entre estos se incluyen:

- Contar con un sistema de evaluación accesible a todos los interesados para la recolección de datos.
- Ayudar a la recolección de la documentación realizando recordatorios periódicos (mediante correos electrónicos, por ejemplo).
- Utilizar la realimentación y otra información para realizar un proceso de mejora continua.
- Confirmar las mejoras recomendadas y cambios mediante un proceso de cierre.
- Promover interacción substancial entre estudiantes y profesores mediante consejo permanente y otros contactos extracurriculares.
- Promover la consecución de empleo de los graduados identificando potenciales empleadores y haciéndoles conocer que el programa está produciendo graduados productivos y efectivos.
- Tener profesores pertenecientes a organizaciones profesionales que le den estatus al programa.
- Asegurar que la infraestructura y los recursos financieros están disponibles y bien documentados para el futuro.

De igual forma, se han desarrollado modelos que permiten evaluar el logro de los objetivos educacionales, el cual es uno de los puntos de la acreditación ABET en la cual se habla de 11 logros que deben alcanzar los estudiantes de ingeniería. Es así como Abu-Jdayil y Al-Attar (2010) proponen una evaluación del currículo como mecanismo de evaluación de los logros especificados por ABET en el marco del programa de Ingeniería Química, los cuales son:

- 1) Un fuerte fundamento en química, física, biología, matemática y temas de ingeniería, como: mecánica de fluidos, termodinámica, transferencia de calor, transferencia de masa y cinética de las reacciones, así como la

habilidad de aplicar este conocimiento en la práctica de la Ingeniería Química.

- 2) La habilidad para diseñar y conducir diferentes experimentos de Ingeniería Química así como analizar e interpretar los datos.
- 3) La habilidad de analizar, diseñar y controlar un sistema, componente y/o proceso relacionado con manejo de fluidos, separación y reacciones químicas y bioquímicas para alcanzar las necesidades deseadas.
- 4) La habilidad de trabajar e interactuar efectivamente en grupos/equipos que tengan diversas personalidades, culturas y formación.
- 5) La habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería química.
- 6) El entendimiento de la responsabilidad ética y profesional.
- 7) La habilidad de desarrollar habilidades de comunicación efectivas de forma oral, escrita e interpersonal.
- 8) La habilidad de evaluar los riesgos potenciales, consecuencias y probabilidades de las soluciones de ingeniería que puedan afectar a la sociedad y al ambiente.
- 9) El reconocimiento de la necesidad de mantenerse en un proceso de aprendizaje independiente y de por vida.
- 10) Conocimiento de los problemas contemporáneos.
- 11) La habilidad de utilizar software de computador tales como: hojas de cálculo, paquetes matemáticos, procesadores de palabra y paquetes de diseño en la solución de problemas de Ingeniería Química.

Un método sistemático para evaluar los cursos y el contenido utilizando métricas como: resultados de la evaluación del curso, profesores y el desempeño de los estudiantes relativo al componente de evaluación han servido para determinar áreas de fortaleza o debilidad que pueden ser llevadas a acciones para el mejoramiento de los cursos y así cumplir más fácilmente los logros exigidos por ABET.

Algunas universidades han implementado buenas prácticas que facilitan o mejoran el nivel de cumplimiento de los logros estipulados por ABET para los estudiantes de ingeniería. Dewoolkar, George, Hayden y Neumann (2009) demostraron a partir de un ejercicio en la universidad de Vermont cómo la implementación de módulos prácticos basados en preguntas pueden ser utilizados como herramienta para alcanzar los logros planteados por ABET y adicionalmente llegar a niveles más altos en la taxonomía de Bloom, para este caso particular los niveles 5 y 6. Los autores afirman que mediante los laboratorios tradicionales los estudiantes alcanzan el nivel 3 en la taxonomía de Bloom. Para lograr el desarrollo de estos módulos prácticos se tuvieron en cuenta tres elementos pedagógicos, la

taxonomía de Bloom, aprendizaje-servicio y la reflexión, así se desarrollaron una serie de módulos basados en preguntas y un módulo basado en aprendizaje servicio, los cuales lograron garantizar el cumplimiento de los logros de ABET y una mejora en los niveles de la taxonomía de Bloom para algunos aspectos específicos.

En otros casos se ha encontrado que estudiantes involucrados en proyectos de competición relacionados con actividades de ingeniería han logrado mejorar los niveles obtenidos de los requerimientos de acreditación para los programas (Koehn, 2006), para el caso de los estudiantes de Ingeniería Civil participando en las competencias de puentes de acero y canoas de concreto se encontró que la participación en estas actividades incrementaba el dominio de al menos cinco áreas de la Ingeniería Civil (ingeniería de materiales, ingeniería estructural, gestión de proyectos, trabajo en equipo y habilidades de construcción), esto denota que las actividades desarrolladas en los concursos ayudan a alcanzar mejores niveles en los criterios requeridos para la acreditación y mejores habilidades necesarias para la vida profesional.

Así mismo, se ha descubierto, que algunos de los criterios señalados por ABET tienen más valor para los ingenieros cuando comienzan su vida laboral que otro tipo de criterios (Passow, 2012), en particular, competencias como: trabajo en equipo, comunicación, análisis de datos y solución de problemas han sido las calificadas como de mayor relevancia en la vida laboral, esto ha sugerido que no todas las competencias se deben desarrollar en el mismo grado y que podría ser conveniente tener un modelo en el cual algunas tuvieran un énfasis mayor a otras.

Existen Muchos cuestionamientos respecto a los actuales currículos de ingeniería. Estos cuestionamiento no son nuevos y como respuesta, en el año 2000 se introdujeron nuevos estándares de acreditación que consideran aspectos como la ética (Cruz, 2003); sin embargo, debido a la evolución en las formas de trabajo y la dinámica empresarial, se siguen reclamando cambios en los programas de ingeniería (Al-Maati, 2010) y estos cambios se deberían realizar en varios campos, por ejemplo, la aproximación que propone IBM de SSME (*Service Science Management and Engineering*) (McLaughlin, 2010) exige que el ingeniero aprenda a moverse en un mundo interdisciplinario. La ingeniería se está transformando y requiere considerar todos los aspectos en busca de mejoras en su enseñanza.

iii. La ingeniería y la sociedad en América

Los gobiernos de América han reconocido que factores como ciencia, tecnología, innovación, educación e ingeniería son fundamentales para promover el desarrollo

integral de los países en múltiples campos (económico, social, educativo, cultural, científico y tecnológico) (OEA, "Declaración de Lima", 2004), y este desarrollo es un factor fundamental para la creación de empleo y la disminución de la pobreza. Por esta razón en los países latinoamericanos es una necesidad mejorar la calidad de los programas de ingeniería, de forma que los profesionales de esta área del conocimiento tengan más y mejores capacidades para apalancar el desarrollo científico y tecnológico.

El reconocimiento de esta problemática, por parte de las autoridades de los países americanos nace en la OEA un plan de acción derivado de la Declaración de Lima (OEA, "Declaración de Lima", 2004), y establece una iniciativa llamada "Ingeniería para las Américas" (EFTA por sus siglas en inglés), la cual busca construir capacidades locales de ingeniería que permitan la generación de conocimiento necesario en la búsqueda de soluciones a problemas locales de cada país y a su vez abra oportunidades en la competencia global (OEA, "Plan de Acción de Lima", 2004).

1.2. OBJETIVOS

i. Objetivo General

Identificar las mejores prácticas en contenidos académicos y curriculares, las innovaciones educativas y pedagógicas, y las practicas exitosas en la articulación a la industria, de 4 programas de Ingeniería Industrial en algunos países del hemisferio en el marco del proyecto EftA –OEA que permita identificar áreas de oportunidad, proponer acciones de mejora y transferencia de mejores prácticas a las Universidades involucradas.

ii. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico por comparación (*Benchmarking*) aplicado a 7 facultades de Ingeniería Industrial de América.
- Examinar brechas existentes entre las universidades involucradas en aspectos de contenidos académicos y curriculares así como en innovaciones educativas y pedagógicas.
- Identificar buenas prácticas en la articulación de las facultades estudiadas, con la industria.
- Establecer mediante un ejercicio de vigilancia las tendencias que pueden impactar en los próximos años a la Ingeniería Industrial y su enseñanza.

1.3. METODOLOGIAS UTILIZADAS

i. Etapas para la elaboración de un proceso de *benchmarking*

Al revisar la definición de *benchmark*, en el diccionario *Webster*, aparece definida como algo que puede ser utilizado como una forma de juzgar la calidad o el nivel de otra cosa similar (Merriam-Webster, Incorporated, 2013). Este término es mencionado por primera vez alrededor de 1842 y hoy en día es considerado como una herramienta relacionada con la planeación estratégica que permite encontrar brechas entre procesos, fortalezas, buenas prácticas, oportunidades de mejora, etc. entre las organizaciones involucradas en el proceso de *benchmarking* (Marum, Robles, & Villaseñor, 2004).

Otras definiciones que corroboran las características de un proceso de benchmarking son las siguientes:

- “*Es el proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar mejoras organizacionales*” (Spendolini, 2005).
- “*Es el proceso formal y estructurado de búsqueda de aquellas prácticas que llevan a un excelente desempeño, la observación y el intercambio de información sobre estas, su adaptación para cumplir con las necesidades de la propia organización, y su implementación en la mejora de las prácticas propias*” (Meade, 1998).
- “*Es un proceso que habilita la comparación de entradas y salidas entre instituciones (o parte de estas) o en una sola institución a través del tiempo*” (INQAAHE, 2014).

Para llevar a cabo un proceso de *benchmarking* es necesario ejecutar 5 etapas: planeación, análisis, integración, acción y maduración (Camp, 1993).

Gráfico 2. Etapas en un *benchmarking*



Fuente: (Agudelo, 2013)

- **Etapa de planeación:** La etapa de planeación se encarga de identificar a que se le va a hacer *benchmarking*, es decir, cuáles serán los factores que serán sujetos de comparación, luego se identificará que organizaciones, áreas o equipos de trabajo son de interés para realizar la comparación y finalmente se determinará como se recolectará la información.
- **Etapa de análisis:** En esta etapa se debe determinar qué brechas se encuentran entre el desempeño actual y las mejores prácticas para así poder determinar cuál será el desempeño que se desea alcanzar como meta.
- **Etapa de integración:** En esta fase del proceso se deben hacer ajustes a las metas, teniendo en cuenta cuál ha sido el resultado en la anterior etapa. Las metas deben ser comunicadas a la organización.
- **Etapa de acción:** La etapa de acción comienza por implementar los planes que permiten actuar sobre el estado actual y se determinan actividades de seguimiento para tener la gestión del progreso. Se procede entonces a

implementar las mejores prácticas que se requieran y a evaluar la efectividad de su implementación.

- **Etapa de maduración:** Finalmente en la etapa de maduración las mejores prácticas ya se tienen integradas definitivamente en los procesos y pasan a tener seguimiento, evaluación y gestión según las prácticas cotidianas de la organización.

ii. Tipos de *benchmarking*

Según factores como el objetivo, la metodología o la voluntad de participación entre otros, se encuentran diferentes tipos de *benchmarking*; el glosario de términos básicos y definiciones en acreditación y aseguramiento de la calidad publicado por UNESCO-CEPES (Vlasceanu, 2007) relaciona esta clasificación para el caso del benchmarking en el sector académico de la siguiente manera:

- ***Benchmarking* interno:** El *benchmarking* se realiza al desempeño de programas similares en diferentes departamentos de una institución de educación superior, usualmente en grandes instituciones que están descentralizadas y que tienen múltiples unidades en su interior que desarrollan programas similares.
- ***Benchmarking* competitivo o externo:** Este tipo se enfoca en analizar el desempeño en áreas clave en términos cuantitativos específicos, basándose en información de instituciones que se consideran competidoras. Este es el método de *benchmarking* más ampliamente comprendido y aplicado, sin embargo puede ser de difícil aplicación debido a la dificultad que representa obtener información de entidades competidoras (Agudelo, 2013).
- ***Benchmarking* funcional o externo colaborativo:** Comprende la comparación de procesos, prácticas y desempeños de instituciones similares de un grupo de instituciones que se encuentran en el mismo campo y no son competidores inmediatos.
- ***Benchmarking* trans-institucional:** Se ocupa de comparar entre un conjunto de múltiples instituciones en búsqueda de prácticas nuevas e innovadoras.
- ***Benchmarking* implícito:** Es un proceso en el cual se busca que se produzcan y se publiquen datos e indicadores de desempeño que puedan

ser útiles para realizar análisis comparativos entre instituciones. Este no se fundamenta en la participación voluntaria y proactiva de las instituciones (como en los otros casos), sino como el resultado de la presión del mercado, de entidades financiadoras o de agencias de coordinación.

- **Benchmarking genérico:** Una comparación de instituciones en términos de una práctica básica de un proceso o servicio (por ejemplo: líneas de comunicación, tasas de participación, tasas de deserción, etc.). Se compara el nivel básico de una actividad con un proceso en otras instituciones que tienen actividades similares.
- **Benchmarking basado en procesos:** va más allá de la comparación de puntuaciones e indicadores de desempeño (*benchmarking* estadístico) y mira el proceso por los resultados que se consiguen. En él se examinan actividades conformadas por tareas las cuales cruzan las fronteras entre las funciones convencionales encontradas en todas las instituciones. Va más allá de los datos y mira al proceso mediante el cual se obtienen los resultados.

En este caso se realiza un *Benchmarking* funcional al comparar prácticas de instituciones en el mismo campo pero que no necesariamente son competencia (universidades de diferentes países), pero al mismo tiempo hay un *Benchmarking* implícito ya que es una entidad externa, en este caso la OEA, quien convoca la colaboración entre diferentes universidades para generar el estudio.

iii. Vigilancia Tecnológica

Autores como Morin y Seurat (1998) o Bulgerman, Maidique y Wheelwright (2001) han trabajado los conceptos relacionados con las funciones que se requieren para llevar a cabo una buena gestión de la innovación tecnológica dejando manifiesta la importancia que tiene la vigilancia como una de estas funciones.

El término vigilancia tiene un alcance amplio ya que involucra varios aspectos de una organización. Palop y Vicente (1999) lo definen como “*el esfuerzo sistemático y organizado por la empresa de observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de información sobre los hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial, relevantes para la misma por poder implicar una oportunidad u amenaza para ésta*”. Esta vigilancia puede ser una vigilancia tecnológica, la cual abarca aspectos científicos y tecnológicos, pero al mismo tiempo puede considerar aspectos como la dimensión del mercado para determinar el impacto que el aspecto tecnológico pueda tener en la estrategia de la organización. La vigilancia

se realiza para conocer de dónde vendrán innovaciones que serán relevantes para el futuro de la organización.

En la vigilancia tecnológica se pueden identificar tres componentes (Medina, 2006):

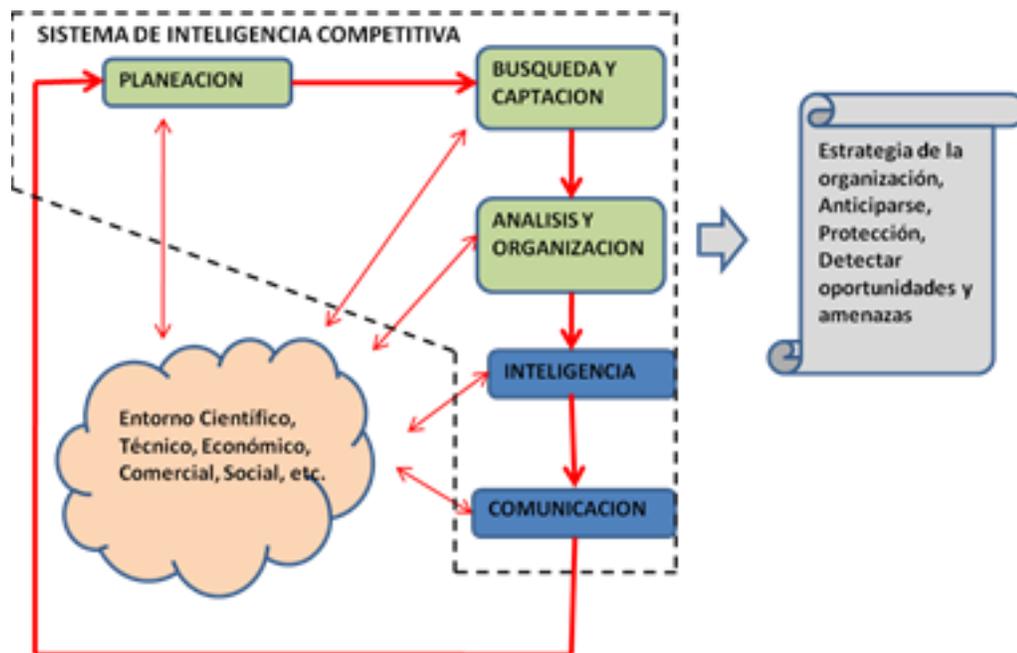
- Las actividades de observar, descubrir, buscar, detectar, recolectar, captar, analizar, tratar, almacenar, comunicar, difundir y transferir conocimiento.
- Un objeto de estudio
- Un objetivo para la organización

Es por esto que Palop y Vicente (1999) indican que antes de empezar un proceso de vigilancia deben resolverse una serie de preguntas que permitan darle rumbo al trabajo. Algunas de las preguntas que pueden servir de guía para esto son:

- ¿Cuál es el objeto de la vigilancia?
- ¿Qué se debe vigilar?
- ¿Qué información buscar?
- ¿Dónde buscar?
- ¿Cómo comunicar?
- ¿A quién comunicar?
- ¿Qué medios destinar?

La vigilancia se lleva a cabo entonces mediante la ejecución de un ciclo, compuesto por unas fases, que en general pueden agruparse en dos. Las fases del primer grupo buscan captar y organizar información, en tanto que las fases del segundo grupo pretenden generar inteligencia que sirva para la toma de decisiones (Medina, 2006).

Gráfico 3. Sistema de inteligencia competitiva



Fuente: (Sanchez, 2002)

Este ciclo está compuesto por etapas: planeación, búsqueda y captación, análisis, inteligencia y comunicación; las tres primeras etapas corresponden a la parte del ciclo en la que se hace la captación y las dos últimas son la parte de inteligencia; adicionalmente cada una de las etapas debe tener en cuenta el entorno desde diferentes puntos de vista, tales como el científico, el técnico, el económico, etc.

De manera similar la norma UNE 166006 de 2011 (AENOR, 2011) plantea un sistema de vigilancia cíclico que parte del entorno, realiza un proceso de captura en el que empieza por identificar necesidades, hace búsqueda, trata y valida la información encontrada, valorándola y genera unos resultados para realizar luego una medición y mejora del proceso. En general, se pueden detectar los mismos dos grupos de actividades y el sistema será cíclico permitiéndole mejorarse y suministrar de forma permanente la información que la organización necesita. Sin embargo, es prudente aclarar que para que un sistema como este sea efectivo dentro de una organización requiere apoyo de las directivas de la misma, ya que los resultados de este proceso son insumo para la toma de decisiones estratégicas (Arango, Tamayo, & Fadul, 2012), sin este apoyo el ciclo de vigilancia no cumplirá su objetivo.

2. METODOLOGÍA

La metodología se compone de los siguientes estudios y etapas:

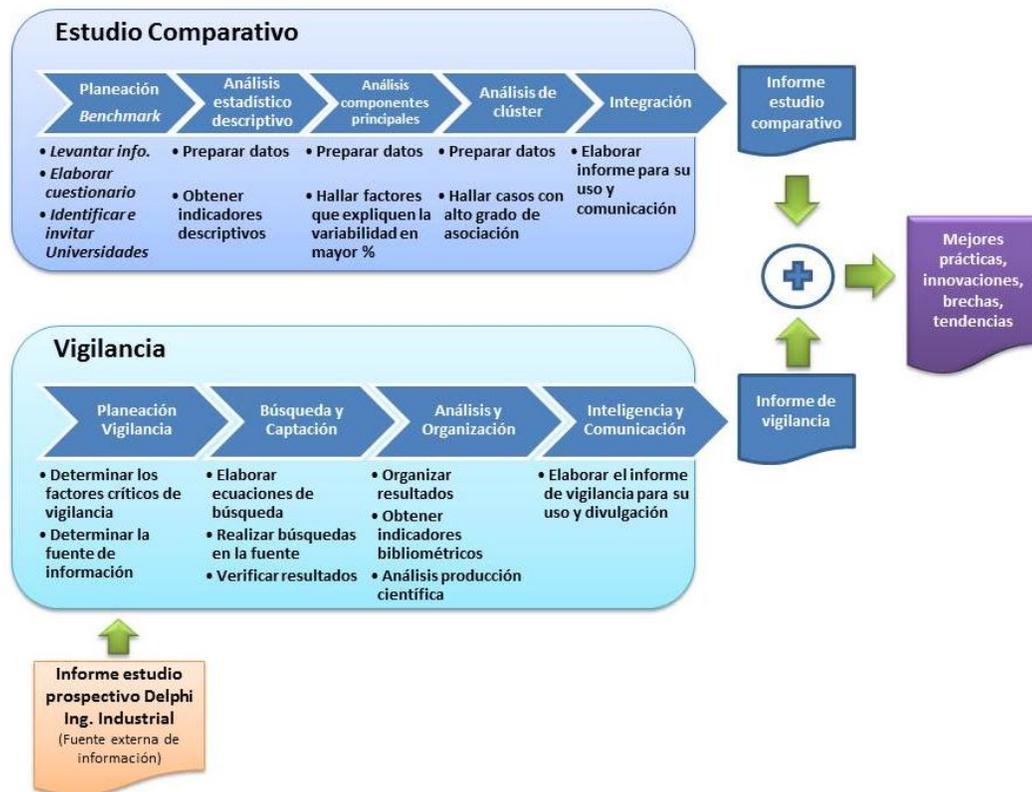
Establecer una comparación (estudio comparativo) entre los programas de Ingeniería Industrial, en el cual se cubren las etapas de planeación y análisis, esta última dividida en análisis estadístico, análisis por componentes principales y análisis de clúster. Finalmente de la etapa de integración se realizará lo concerniente a la comunicación mediante la generación del informe de resultados del estudio.

Realizar un estudio de vigilancia que utilice como insumos los resultados de un estudio prospectivo y que se utilice en la etapa de planeación. Se realizan las etapas de búsqueda y captación, análisis y organización y finalmente en la etapa de inteligencia y comunicación, se elabora el informe de los resultados de la vigilancia.

Finalmente con los resultados de ambos estudios se obtienen las mejores prácticas, brechas e innovaciones detectadas y las tendencias en temas relevantes para el futuro de la ingeniería industrial.

En la siguiente figura se esquematiza la metodología descrita.

Gráfico 4. Metodología



Fuente: Elaboración Propia

2.1. ESTUDIO COMPARATIVO

Para la elaboración del estudio comparativo se partió de la meta planteada por la OEA, enmarcada en el objetivo del proyecto de presentar un análisis comparativo de los programas de pregrado de Ingeniería Industrial, orientado a identificar mejores prácticas, experiencias exitosas o pertinentes de ser observadas por los otros programas en norte, centro y sur América, así como facilitar el intercambio internacional de información y promover la cooperación entre las Escuelas de Ingeniería en el hemisferio.

El alcance del presente trabajo cubre lo concerniente a las etapas de planeación y análisis para la región de Norteamérica. En cuanto a las otras fases la de integración corresponde a la entrega de resultados del proyecto a la OEA los cuales quedaron consignados en el informe que lleva por título “Análisis comparativo de los programas de pregrado en ingeniería industrial en algunos países miembros de la OEA” (Zartha, 2012). Las fases restantes corresponden a

las decisiones de implementación de planes de acción que cada una de las universidades podrá desarrollar si lo desea.

i. Etapa de planeación

La selección de la muestra para el estudio se fundamentó en la búsqueda de universidades en las tres regiones de interés (Norteamérica, Centroamérica y Suramérica) que tuvieran un buen ranking nacional, para lo cual se consultaron fuentes secundarias que permitieron elaborar un perfil del programa y su ranking nacional.

En el caso de las universidades norteamericanas, se seleccionaron algunas cuyos programas de pregrado en ingeniería industrial están dentro del ranking de los 10 mejores en Estados Unidos y entre los mejores programas del mundo. Adicionalmente, se consideró que fueran universidades con quienes la OEA viniera desarrollando programas de interés común, en el marco de la iniciativa “Ingeniería para las Américas EftA-CEE”.

La Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín fue incluida al estudio como universidad responsable del apoyo técnico. Vale la pena anotar que el objetivo de la OEA en el planteamiento de este estudio tenía un alcance piloto, de forma que, realizando un estudio que permitiera examinar un conjunto de universidades cercanas para encontrar mejores prácticas se lograra interesar a los países miembros y así conseguir su participación en estudios similares que podrían llegar a ser más amplios, todo esto en el marco del proyecto EFTA-OEA y del grupo de trabajo en recursos humanos de la COMCYT (Comisión Interamericana de Ciencia y Tecnología). Es así, como la muestra definida por la OEA se limitó a un pequeño grupo de universidades de algunos de los países miembros sin buscar que estos resultados fueran base para realizar extrapolaciones.

Entre las universidades elegidas se obtuvo una respuesta positiva para trabajar en el estudio por parte de las siguientes: *Georgia Institute of Technology, Virginia Polytechnic Institute and State University, Penn State University, University of Michigan, University of California, Purdue University* y el Politécnico de Montreal.

El proyecto de análisis comparativo elaborado para la OEA (Zartha, 2012) cubrió las regiones Centro y Sur de América, regiones que no son analizadas en el presente trabajo pero de las que se encuentran registros en otros documentos, ya que a partir de dicho proyecto se generaron otras dos tesis de maestría y una monografía de especialización, con los títulos: “Análisis comparativo de los programas de pregrado en ingeniería industrial en algunos países miembros de la

OEA” (Rios, 2012); “Diagnóstico por comparación (*bechmarking*) aplicado a 5 programas de ingeniería industrial en América y aplicación metodología Delphi” (Vélez, 2013) e “Identificación y comparación de metodologías de *benchmarking* en el ámbito educativo a nivel internacional” (Agudelo, 2013).

Una vez determinadas las universidades se emprendieron dos actividades. Inicialmente se realizó una revisión en fuente secundaria de las características de las diferentes facultades y programas entre las que se documentó: el nombre del programa, su historia, la duración, la estructura curricular y la cantidad de créditos de cada programa, las áreas de formación y énfasis que tiene cada programa, el plan de estudios por áreas de formación (básica, profesional y disciplinar, humanística y complementaria), el propósito de formación, los elementos que conforman los perfiles profesionales y ocupacionales, las opciones de titulación, las opciones de internacionalización y la movilidad estudiantil, todo bajo el debido marco de derechos de autor y propiedad intelectual.

En segundo lugar, se buscó determinar cuáles serían las preguntas a realizar en el estudio, para esto se elaboró una encuesta fundamentada en diferentes aspectos obtenidos a partir de los lineamientos de entidades acreditadoras de programas de educación superior tales como (ABET, 2012), ARCOSUR y el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) para tener una referencia de la medición de calidad de los programas. Entre los aspectos o variables que fueron tenidas en cuenta se encuentran la flexibilidad y multidisciplinariedad, los aspectos específicos de los planes de estudio, los métodos y estrategias de enseñanza, la infraestructura institucional, la internacionalización del programa, las mujeres en la Ingeniería, la deserción estudiantil y la relación Universidad – Empresa – Estado.

ii. Etapa de análisis

Una vez construido el instrumento fue enviado a las universidades seleccionadas, obteniendo una respuesta del 100%. Respuestas que se convirtieron en el insumo para la fase de análisis que se llevó a cabo mediante técnicas estadísticas que fueron escogidas considerando varios factores. En primer lugar se tuvo cuenta que el tamaño de la muestra estaba restringido por los criterios determinados por la OEA para el estudio, dado que su interés se centró en ver mejores prácticas en un grupo de programas y el objetivo no incluía extrapolar resultados a partir de la muestra. Adicionalmente, y como consecuencia del tamaño de la muestra y los objetivos de la OEA, los métodos a utilizar debían responder a analizar generalidades del programa, por lo tanto era necesario utilizar técnicas descriptivas. En este orden de ideas, se escogieron técnicas estadísticas que permitieran describir e identificar agrupaciones por similitud estadística

(covarianza) entre las variables recolectadas de los diferentes programas de Ingeniería Industrial. Es así, como los métodos seleccionados fueron el análisis descriptivo, el análisis de componentes principales y el análisis de clúster:

- **Análisis estadístico descriptivo:** este tipo de análisis estadístico se enfoca en describir las características que tiene un conjunto de datos que provienen de la medida de una variable aleatoria resultado de algún proceso. El objetivo de la estadística descriptiva es encontrar patrones de variabilidad para así determinar cómo se agrupan o se dispersan los datos de la variable que está siendo medida (Pérez, 2002).

En este análisis los datos son presentados mediante su ordenación en tablas y su posterior representación en gráficos. Esta rama de la estadística también se ocupa de la reducción de los datos observados, llevándolos a un pequeño número de medidas estadísticas que permiten la comparación entre diferentes series de datos, a costa de la introducción de un margen de error (Fernandez, 2002).

- **Análisis de componentes principales:** este es un método estadístico multivariante que busca reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos para lo cual convierte el conjunto original en uno nuevo de menor tamaño, pero conservando la mayor cantidad de información posible del conjunto inicial, este nuevo conjunto es lo que se conoce como componentes principales (Pérez, 2002). Para realizar esta reducción se parte del hecho de que el 100% de la variabilidad de aquello que se está estudiando puede ser representada por la combinación lineal de un número de factores igual al número de variables evaluadas, estos factores recogen la variabilidad en forma desigual y en muchos casos pocos factores recogen un alto porcentaje de esta variabilidad, pudiéndose así explicar en gran medida a partir de un pequeño grupo de factores.

Para hallar dichos factores se utiliza la matriz de varianzas covarianzas o la de correlaciones, a partir de la cual se calculan los autovalores y sus correspondientes autovectores. Cada autovector define un eje que corresponde a un factor, las características de los factores vendrá dada entonces por la matriz de correlaciones, de esta forma cuando se tenga muchas correlaciones altas entre las variables, pocos factores explicarán gran parte de la variabilidad total debido a que la cantidad de información redundante es alta. (Alvarez, 1995). Con esta técnica es posible detectar tendencias en temáticas evaluadas al identificar los factores que explican en mayor grado la variabilidad de los datos que se están estudiando.

- **Análisis de clúster:** por medio este análisis, también conocido como análisis de conglomerados, es posible encontrar asociaciones entre datos que no son fáciles de detectar y que permiten resolver problemas de clasificación. Es una técnica estadística multivariante que busca ubicar en grupos de casos homogéneos una tabla de casos variables de manera que los que puedan ser considerados similares queden clasificados dentro del mismo clúster (Pérez, 2002).

Esta técnica suele emplearse en casos donde no se cuenta con una hipótesis de partida. En un grupo se podrán incluir objetos según su grado de asociación que será grande para los miembros de un mismo grupo y pequeño para miembros de otros grupos (Guisande, 2006). Para determinar el grado de asociación se utilizan los conceptos de similitudes y distancias; las primeras miden la proximidad entre casos respecto a algún parámetro predeterminado, en estadística es frecuente el uso del coseno de dos vectores o el coeficiente de correlación de Pearson para realizar esta medida; por su parte las distancias miden la proximidad entre casos o grupos de casos y ejemplos de distancias utilizadas en estadística son la distancia euclídea y la distancia euclídea al cuadrado (Alvarez, 1995).

2.2. EJERCICIO DE VIGILANCIA

La siguiente fase de esta investigación consistió en la realización de un ejercicio de vigilancia enmarcado en los resultados de este proyecto. Es por esto que en la fase de planeación de este ejercicio y para resolver la pregunta ¿Qué vigilar? se decidió que los factores críticos de vigilancia estarían dados por los resultados obtenidos en el estudio con metodología DELPHI en tres rondas, realizado con los asistentes al evento LACCEI 2012 (*Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*) en la ciudad de Panamá (Panamá) y que no hace parte del alcance del presente trabajo (Vélez, 2013).

El estudio prospectivo con base en la metodología DELPHI tuvo como finalidad identificar temas prioritarios, no prioritarios y en discusión de las principales áreas del programa de Ingeniería Industrial al 2025 y centró su exploración en cinco áreas principales: Nuevas tecnologías, Optimización, Producción, Administración y finanzas y Criterios de calidad. La primera ronda del estudio fue calificado por 33 expertos presentes en el evento LACCEI 2012 en la ciudad de Panamá (Panamá). La segunda ronda también fue aplicada dentro del mismo evento y en la tercera ronda se envió, vía correo electrónico, al mismo grupo de expertos, la encuesta correspondiente.

Como resultado de la tercera ronda Delphi, los temas seleccionados como prioritarios fueron los siguientes (Vélez, 2013):

Área: Nuevas tendencias

- Gestión de la Innovación
- Optimización de procesos productivos en el sector manufacturero y de servicios
- Asuntos éticos
- Modelo metaheurístico de optimización en análisis de cadenas de suministro
- Principios evolutivos (algoritmos genéticos, estrategias evolutivas) para técnicas poderosas de optimización
- Gestión de la I + D
- Tecnologías emergentes

Área: Optimización

- Modelos determinísticos para la teoría de redes
- Estadística de probabilidades (estocástica)
- Inferencia estadística
- Estadística descriptiva

Área: Producción

- Responsabilidad social empresarial

Área: Administración y finanzas

- Investigación de mercados
- Costeo por ABC
- Planeación por escenarios
- Gestión de riesgo financiero y cálculo del valor en riesgo (VaR)
- BSC, cuadro de mando integral, gestión por procesos

Área: Criterios de calidad

- Trabaja en grupos multidisciplinarios

- Interpreta problemas de ingeniería, diseña y evalúa alternativas de solución innovadoras, desde el punto de vista técnico, económico, ambiental, político y ético
- Comprende y asume responsabilidad a nivel profesional y ético
- Ejerce la práctica de la ingeniería aplicando herramientas y técnicas modernas
- Pensamiento creativo
- Pensamiento crítico
- Curiosidad y el aprendizaje permanente
- Ética profesional e integridad y responsabilidad
- Estar actualizado en el mundo de la ingeniería
- Formar equipos eficaces
- Liderazgo
- Trabajar en equipo
- Inglés
- Ética
- Ciencias Básicas (física, química, matemáticas)
- Formación profesional en Ingeniería Industrial
- Idiomas / comunicación
- El uso de estudios de caso
- Estudios en el extranjero
- Prácticas internacionales
- Conoce y comprende los problemas y asuntos contemporáneos
- Comunica sus ideas de manera adecuada cuando interactúa con la sociedad en diferentes contextos
- Conocimiento de ingeniería fundamental básica
- Conocimiento de ingeniería fundamental avanzada
- Identificación y modelado del problema
- Operación de equipo
- Estructura de la comunicación
- Prueba, verificación, validación y certificación
- Presentación de informes y reportes
- Manejo del factor humano y ergonómico
- Profesores invitados de la industria

De esta forma, los factores críticos de vigilancia se determinaron por los resultados obtenidos en los temas calificados como prioritarios en la tercera ronda y que estuvieran en áreas directamente relacionados con la práctica profesional, descartando el área de criterios de calidad que hace referencia en muchos casos a prácticas de la facultad, asunto que ya fue estudiado por el ejercicio de benchmarking, y descartando los temas asociados directamente con estadística y

ética por tratarse de materias transversales a diferentes tipos de disciplinas, no necesariamente la ingeniería. Con estos factores críticos de vigilancia se encuentra el estado y tendencia de desarrollo del conocimiento alrededor de esos temas que el estudio DELPHI determinó como prioritarios para la Ingeniería Industrial en América.

Resultaron, entonces, 11 factores críticos de vigilancia para el programa de Ingeniería Industrial bajo el marco del proyecto:

1. Costeo por ABC
2. BSC, Cuadro de mando integral, gestión por procesos
3. Responsabilidad Social Empresarial
4. Modelo Metaheurístico de Optimización en Análisis de Cadenas de Suministro
5. Optimización de procesos Productivos en el sector manufacturero y de servicios
6. Principios evolutivos (algoritmos genéticos, estrategias evolutivas) para técnicas poderosas de optimización
7. Gestión de la I+D
8. Investigación de mercados
9. Planeación por escenarios
10. Gestión de riesgo financiero y cálculo del valor en riesgo (VaR)
11. Gestión de la Innovación

El siguiente paso en el ciclo de vigilancia correspondió a la selección de la fuente de búsqueda, determinar las ecuaciones de búsqueda y ejecutar las mismas. Como fuente se decidió utilizar la base de datos bibliográfica Scopus, que garantizaría un amplio cubrimiento de las publicaciones relacionadas con los aspectos en estudio de la Ingeniería Industrial. Se elaboró un primer set de ecuaciones de búsqueda utilizando los términos de los 11 factores críticos dentro del área de Ingeniería Industrial. Los resultados obtenidos al realizar las búsquedas en Scopus fueron diversos, para algunas de las ecuaciones se encontró un número significativo de resultados pero para otros el número fue muy bajo o no se encontraron resultados, para estos últimos se generaron algunas ecuaciones alternativas con variaciones cercanas de los términos de búsqueda pero los cambios en los resultados no fueron significativos.

En este punto se decidió hacer un ajuste a las ecuaciones de búsqueda utilizando una funcionalidad que posee el buscador de scopus, en lugar de buscar por términos exactos se construyeron las ecuaciones con un operador de proximidad, en este caso específicamente el operador “W/n” o “within” el cual permite evaluar

los términos buscados no necesariamente de forma contigua sino dentro de un número “n” de términos cercanos, es decir las palabras buscadas pueden estar separadas por otras palabras y el número de palabras en medio es determinado por el número “n”. Para este caso se decidió utilizar un número $n=3$ que es el recomendado para encontrar términos dentro de una misma frase (Elsevier B.V., 2014).

Al ejecutar de nuevo las búsquedas utilizando el operador de proximidad se encontró un mayor número de resultados en aquellos que habían tenido números muy bajos y se lograron encontrar también resultados significativos para aquellas búsquedas que inicialmente no habían arrojado ningún resultado. Con los resultados obtenidos en las búsquedas realizadas se procedió a la siguiente fase del ejercicio de vigilancia, es decir, el análisis de los resultados.

Para realizar el análisis se elaboró una macro en Excel que permitiera agrupar los resultados mediante el uso de tablas dinámicas para extraer cifras significativas en cuanto a los autores que están publicando, las publicaciones en las cuales aparecen los términos buscados, los artículos que están siendo publicados relativos a este tema y el número de citas que están teniendo estos artículos y autores. Adicionalmente, se totalizó por año de publicación el número de artículos publicados relativos a cada tema para examinar cuál ha sido la evolución en la producción científica de cada uno de esos factores críticos. Estos datos fueron llevados a un modelo de curva en S para examinar las etapas de producción científica y cuál puede ser el futuro en la generación de artículos sobre este tema.

Los modelos de curva en S son utilizados en varias áreas de conocimiento como la biología, la economía y la gestión de la tecnología para analizar diversos fenómenos como la difusión, la adopción y el crecimiento entre otros (Cortés, 2013). Entre las aplicaciones que se le ha dado se encuentra su uso como herramienta bibliométrica (Vargas, 2008) para determinar el comportamiento y evolución de la producción científica, un ejemplo de esta aplicación se puede ver en el análisis de difusión de innovaciones en el sector cárnico (López, 2012).

Para determinar, en este caso, qué modelo de curva en S se debía utilizar, se seleccionó un conjunto de modelos frecuentemente utilizados para generar este tipo de curva, los cuales fueron, los modelos Logístico, Sigmoidal, Weibull, Gompertz, Hill y Chapman y de estos modelos se seleccionó aquel que mejor R cuadrado ajustado presentara de forma que se pudieran verificar diferentes versiones de los modelos con diferentes números de parámetros. Para realizar

este análisis se utilizó el software Sigmaplot de la casa de software Systat Software Inc.

Con toda esta información se pasó a consolidación de resultados y obtención de las conclusiones respectivas, que para el caso de la presente investigación representan la información que puede ser utilizada por las diferentes facultades de Ingeniería Industrial para plantear estrategias en cuanto a cambios curriculares, énfasis, temas de investigación, alianzas, etc.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la región Norte de América participaron en el estudio de *benchmarking* 7 universidades, de las cuales puede verse en la tabla 1 el nombre de la universidad, el del departamento o Facultad bajo la cual está el programa y el nombre del programa.

Tabla 1. Universidades y programas estudiados

Nombre de la Universidad	Nombre Oficial del Departamento o Facultad	Nombre del Programa de Pregrado en Ingeniería Industrial
Georgia Institute of Technology	<i>Stewart School of Industrial and Systems Engineering</i>	<i>Bachelor of Science in Industrial Engineering (BSIE)</i>
Virginia Polytechnic Institute and State University	<i>Department of Industrial and Systems Engineering</i>	<i>Industrial and Systems Engineering</i>
Penn State University	<i>Harold and Inge Marcus Department of Industrial and Manufacturing Engineering</i>	<i>Industrial Engineering</i>
University of Michigan	<i>Industrial and Operations Engineering</i>	<i>Industrial and Operations Engineering</i>
Universidad de California	<i>Industrial Engineering and Operations Research</i>	<i>Industrial Engineering and Operations Research</i>
Universidad de Purdue	<i>School of Industrial Engineering</i>	<i>Industrial Engineering</i>
Universidad Politécnico Montreal	<i>Département de Mathématiques Et Genie Industriel</i>	<i>Baccalauréat en genie industriel</i>

Fuente: Elaboración Propia

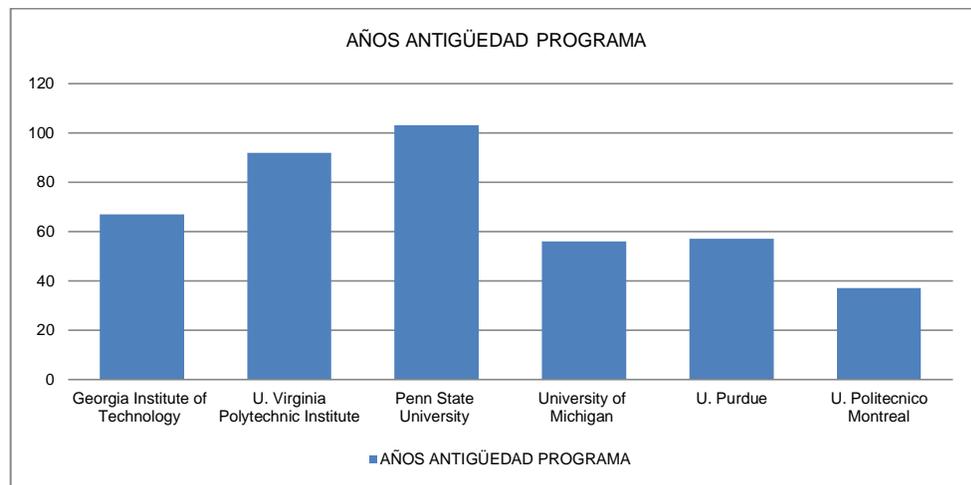
3.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Con la información recolectada para las universidades de Norte América durante el estudio de benchmarking se realizó el siguiente análisis a los resultados encontrados para cada uno de los aspectos evaluados.

En cuanto al número de títulos de pregrado ofrecidos en Ingeniería Industrial se encontró que la práctica más común es que las universidades ofrecen un solo título de pregrado, esto se puede ver claramente en las repuestas obtenidas, las cuales indican que el 86% de las universidades de la región norte ofrecen un solo título de pregrado. La U. California no sabe o no contesta y el Virginia Polytechnic Institute (14%) indica que ofrece más de un título en ingeniería industrial.

En cuanto a la antigüedad de los programas, los programas con más antigüedad son en su orden: Penn State con 103 años, Virginia Polytechnic Institute con 92 años y Georgia Institute con 67 años, Purdue con 57 años, Michigan con 56 años y la de menos antigüedad es Montreal con 37 años de existencia. La Universidad de California no sabe o no responde.

Gráfico 5. Antigüedad del programa de Ingeniería Industrial

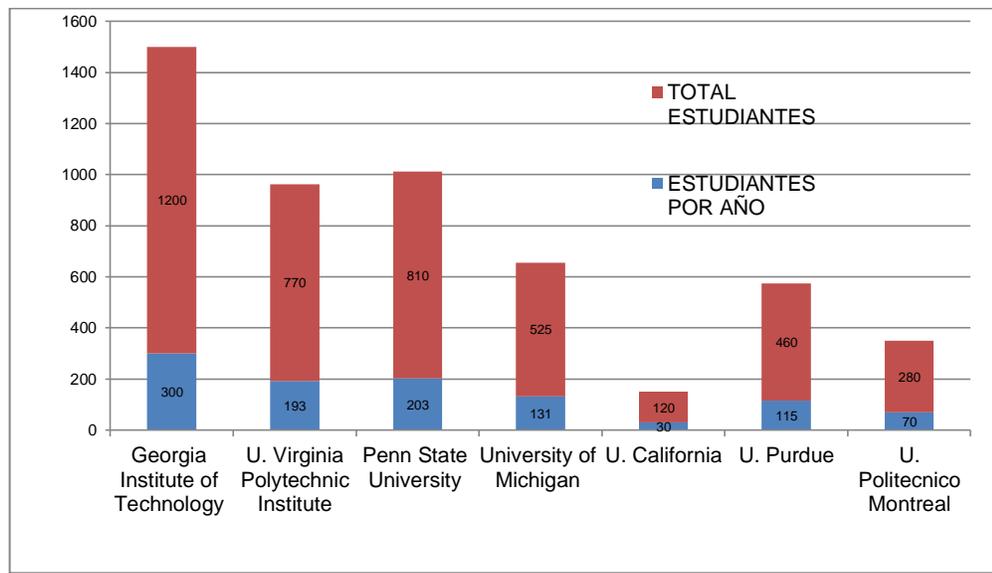


Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la cantidad de estudiantes matriculados se obtuvo el siguiente panorama:

- La universidad con mayor número de matrículas en el programa es la Georgia Institute con 300 estudiantes matriculados al año y un total de 1.200 en el programa.
- La segunda y tercera universidad con mayor número de estudiantes al año y en el total del programa es la Penn State University con 203 estudiantes al año y 810 en el programa. Le sigue Virginia Polytechnic Institute con 200 estudiantes al año y 770 en total.
- La universidad con menos matriculados en el programa de Ingeniería Industrial es la Universidad de California con 30 estudiantes al año y 120 en el programa.

Gráfico 6. Matrículas en el programa de Ingeniería Industrial



Fuente: Elaboración Propia

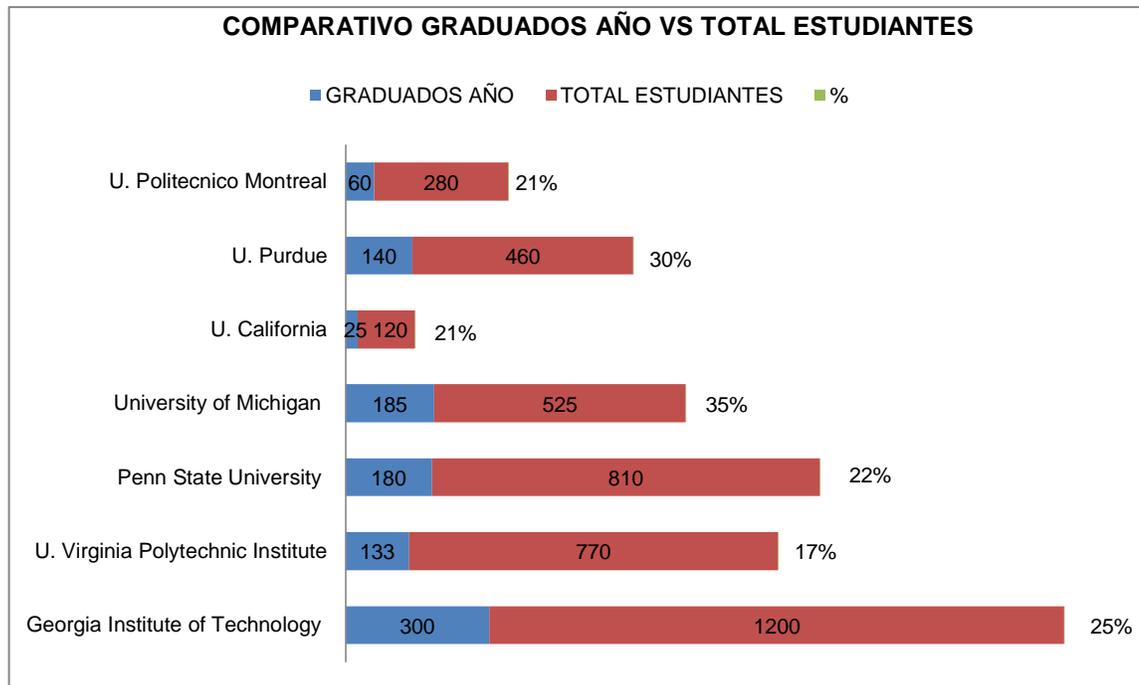
Otro ítem explorado es la cantidad de estudiantes que se gradúan por año, en este caso los resultados fueron:

- En términos absolutos la universidad que más estudiantes gradúa por año es Georgia Institute con 300 estudiantes graduados año.
- Como porcentaje de graduados respecto a su población total, la universidad que más gradúa estudiantes año es la de Michigan (35%), le sigue Purdue (30%) y Georgia Institute (25%).
- La Universidad que en términos absolutos gradúa menos estudiantes es California con 25 estudiantes año; y la que menos gradúa como porcentaje

de su población total es Virginia Polytechnic Institute (17%) de sus estudiantes.

- Es de resaltar que Purdue gradúa más estudiantes en términos absolutos que Virginia Polytechnic Institute aunque tiene apenas el 60% de su población total.

Gráfico 7. Cantidad de estudiantes graduados por año

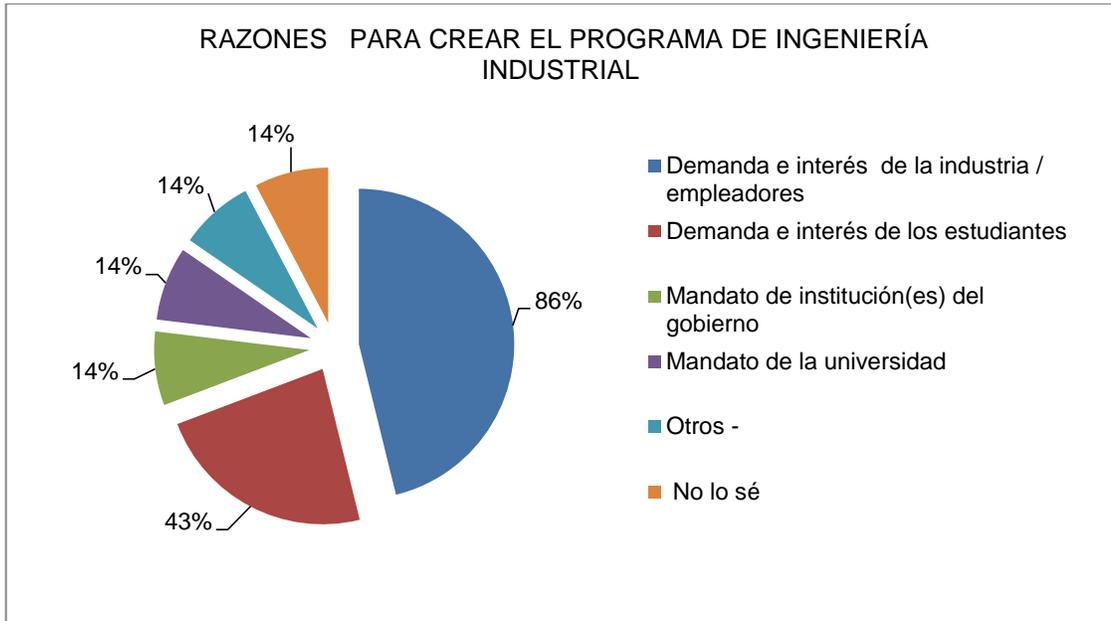


Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a las razones que llevaron a la creación de programas de Ingeniería Industrial, el principal impulsor fue la misma industria como puede verse a continuación, sin embargo otras razones respaldaron esta demanda:

- El 86% de las universidades consideraron que la razón principal para crear el programa de Ingeniería Industrial fue la demanda e interés de la industria o empleadores.
- El 43% de las universidades consideran que fue por la demanda e interés de los estudiantes; le siguen en su orden las razones de creación de programas por mandato de gobierno, por mandato de la universidad, otros y no sabe o no responde con un 14% cada uno.

Gráfico 8. Razones para la creación del programa de Ingeniería Industrial

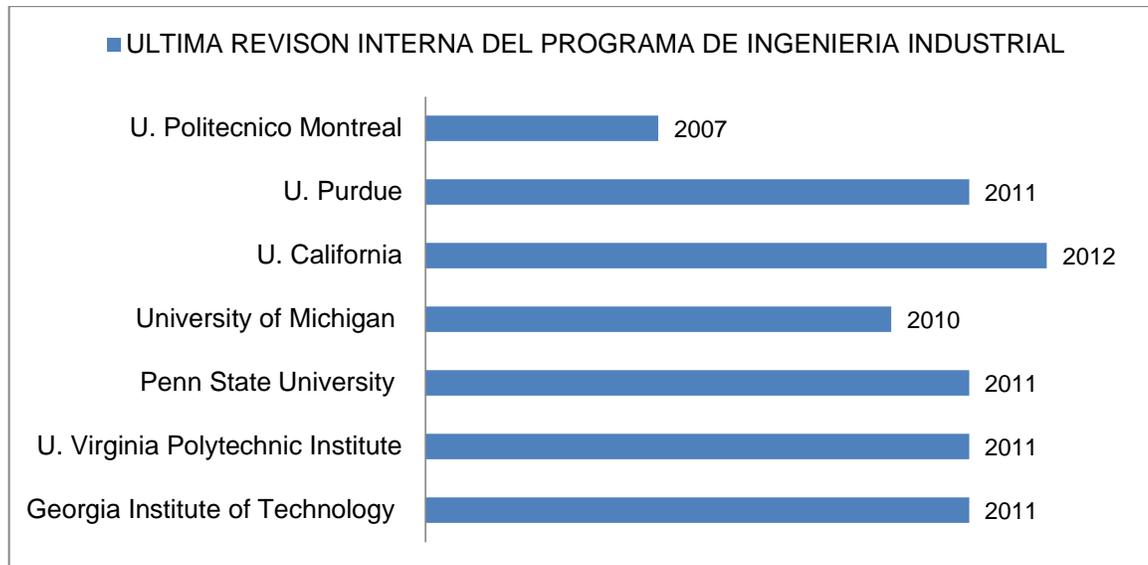


Fuente: Elaboración Propia

Acerca de la última revisión que cada universidad realizó a su programa en cuanto a cursos, créditos, etc. se encontraron resultados entre el 2007 y el 2012 distribuidos así:

- La Universidad de California realizó su más reciente revisión interna del programa en el 2012.
- Las universidades de Purdue, Penn State, Virginia Polytechnic Institute y Georgia Institute la hicieron en el 2011. Michigan y Montreal en el 2010 y 2007 respectivamente.

Gráfico 9. Última revisión interna del programa de Ingeniería Industrial

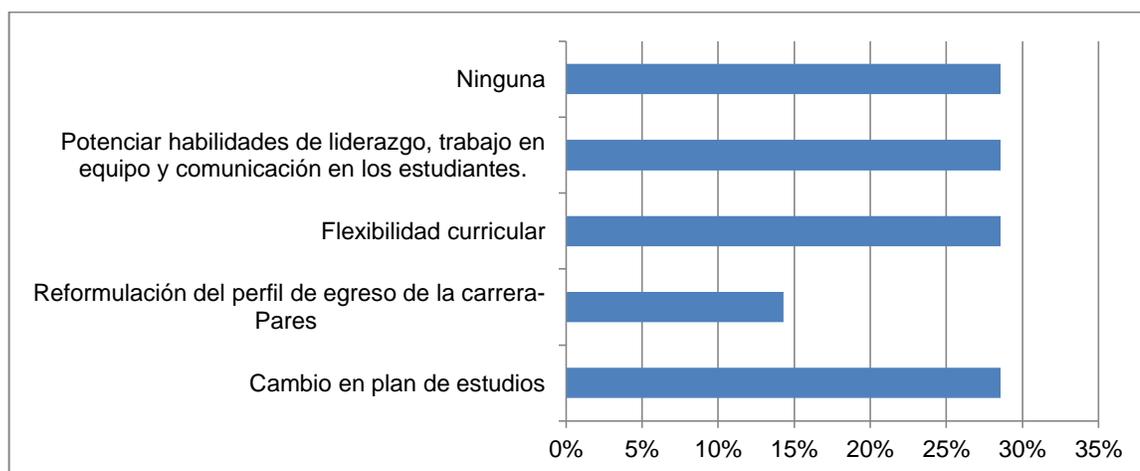


Fuente: Elaboración Propia

Sobre estas revisiones las universidades puntualizaron que las principales recomendaciones realizadas en cada uno de esos procesos fueron las siguientes:

- Realizar cambios en el plan de estudios: Universidades de Georgia Institute y Montreal (29%).
- Flexibilidad curricular: Universidades de Virginia Polytechnic Institute y Montreal (29%).
- Potenciar habilidades de liderazgo, trabajo en equipo y comunicaciones en los estudiantes: Virginia Polytechnic Institute y Purdue (29%).
- Reformulación del perfil del egreso de la carrera-Pares: Penn State (14%).
- Ninguna recomendación: Michigan y California (29%).

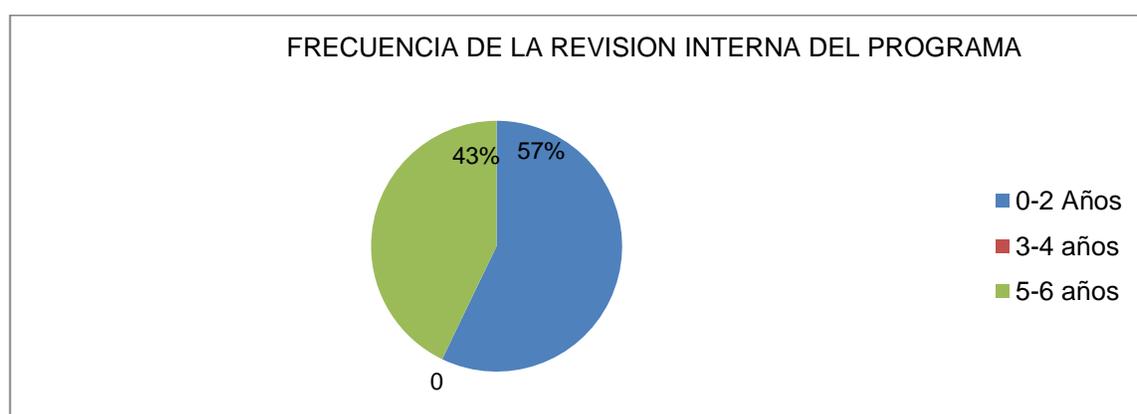
Gráfico 10. Principales Recomendaciones del resultado de la revisión



Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente se exploró la frecuencia de estas revisiones internas, encontrándose que el 57% de las universidades hacen revisión interna de sus programas cada 1 o 2 años, en este grupo están: Georgia Institute, Virginia Polytechnic Institute, California y Purdue. El otro 43% hace revisión interna cada 5 o 6 años, como: Penn State, Michigan y Montreal. Ninguna realiza revisión interna cada 3 o 4 años.

Gráfico 11. Frecuencia revisión interna del programa



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a las razones que los llevan a realizar las revisiones internas se encontró que las principales son:

- Por las necesidades cambiantes de la industria (57%): Georgia Institute, Penn State, California y Purdue.
- Por la política de la universidad o el departamento de realizar revisiones periódicas (57%): Michigan, California, Purdue y Montreal.
- Porque la matrícula estudiantil está disminuyendo (14%): California.
- Porque los estudiantes no pueden encontrar trabajo (14%): California.
- Porque los empleadores no están satisfechos con el desempeño de los egresados (14%): California.
- Por lineamientos gubernamentales (14%): California.
- Para atender la acreditación externa (14%): Virginia Polytechnic Institute.
- Por pro actividad (14%): Virginia Polytechnic Institute.

Gráfico 12. Razones por las cuales se hacen revisiones



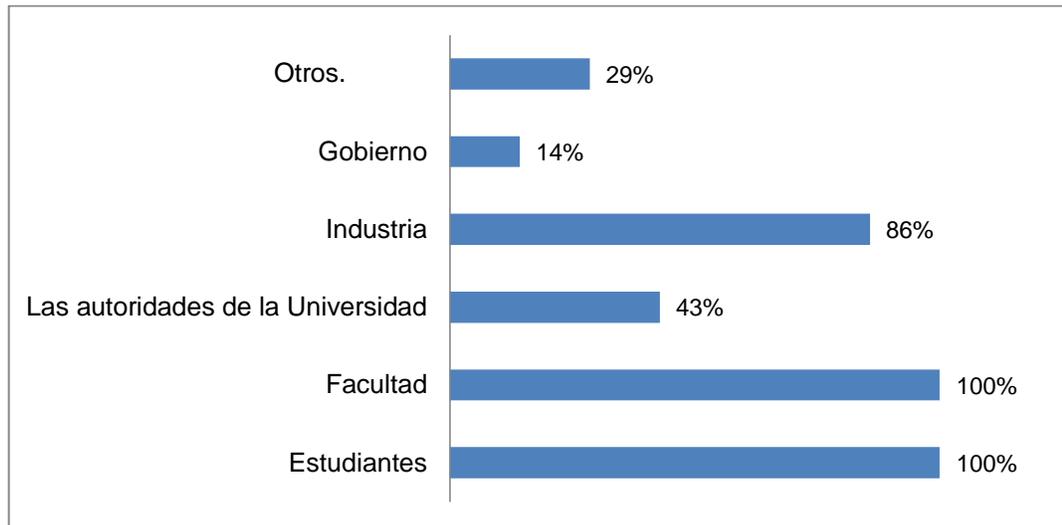
Fuente: Elaboración Propia

Para la realización de este proceso de revisión las universidades involucran diferentes actores, que se segmentan como se refleja a continuación:

- El 100% de las universidades involucran en el proceso de revisión de su programa académico de ingeniería industrial a los estudiantes y la facultad.
- El 86% involucra a la industria (Todas excepto Michigan).

- El 43% involucra a las autoridades de la universidad (Penn State, California y Montreal).
- El 14% al gobierno (California).
- El 29% a otros (Georgia Institute y Penn State).

Gráfico 13. Actores involucrados en el proceso de revisión

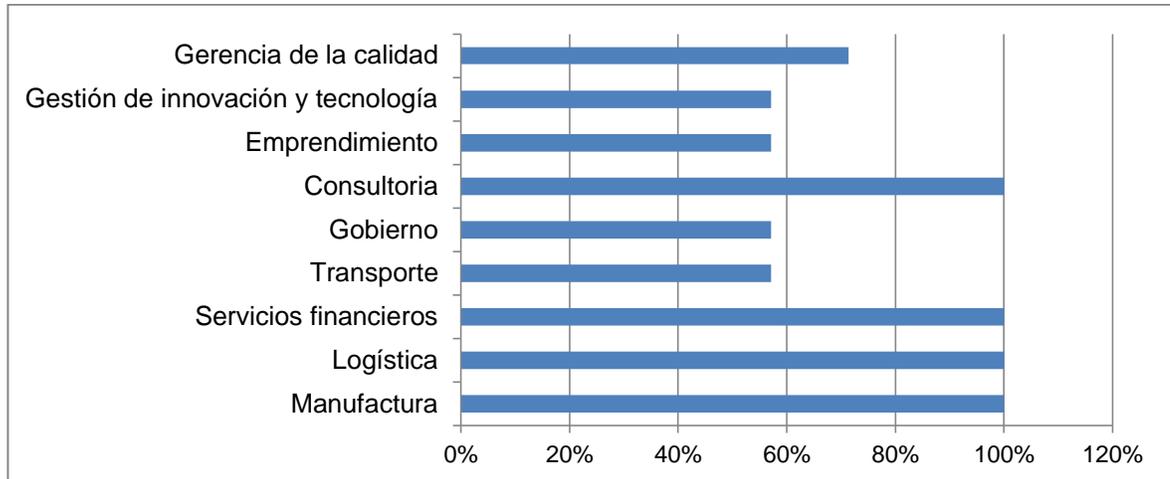


Fuente: Elaboración Propia

El estudio igualmente exploró aspectos referentes a lo que ocurre con los estudiantes una vez obtienen su título. En este aspecto resulta interesante conocer cuáles son los tipos más comunes de industrias, sectores o áreas en los que los estudiantes empiezan a trabajar una vez se gradúan. El resultado está dividido así:

- El 100% de las universidades considera que la industria, áreas o sectores más comunes donde sus estudiantes trabajan después de graduarse son la manufactura, la logística, servicios financieros y la consultoría.
- El 71 % consideran que sus estudiantes trabajan después de graduarse en gerencia de la calidad.
- El 57% consideran que sus estudiantes trabajan después de graduarse en transporte, gobierno, emprendimiento y gestión de innovación tecnológica.

Gráfico 14. Áreas más comunes donde sus estudiantes trabajan después de la graduación

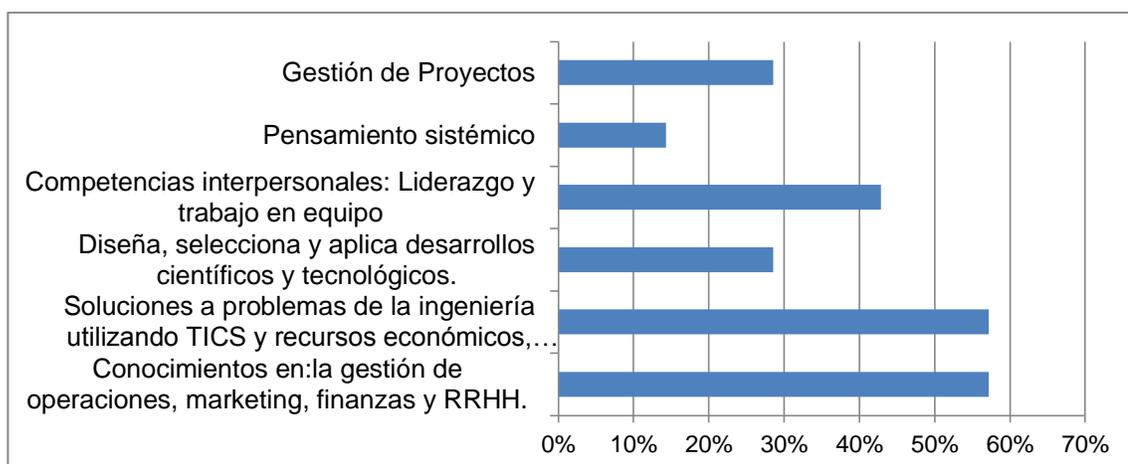


Fuente: Elaboración Propia

Sobre las competencias más importantes que el programa desarrolla en los alumnos que cursan los programas de Ingeniería Industrial, las universidades aseguran que se distribuyen así:

- El 57% de las universidades consideran que desarrollan competencias en gestión de operaciones, *marketing*, finanzas y Recursos Humanos. (Michigan, Penn, California y Purdue).
- El 57% consideran que desarrollan competencias en soluciones a problemas de la ingeniería utilizando TICS y recursos económicos, sociales y ambientales (Georgia Institute, Virginia Polytechnic Institute, Michigan, Purdue).
- El 29% considera que desarrollan competencias en diseñar, seleccionar y aplicar desarrollos científicos y tecnológicos (Georgia Institute y Virginia Polytechnic Institute).
- El 29% considera que desarrollan competencias en gestión de proyectos (California y Montreal).
- El 14% opinó que generan competencias en pensamiento sistémico (Michigan).

Gráfico 15. Competencias más importantes que desarrolla el programa



Fuente: Elaboración Propia

Otro tema en el análisis es el de los créditos académicos que se requieren en cada universidad para obtener el título de Ingeniero Industrial. Es de anotar que la Universidad de Californiano proporcionó información sobre el total de créditos obligatorios, ni sobre el total de créditos electivos, como se puede ver a continuación.

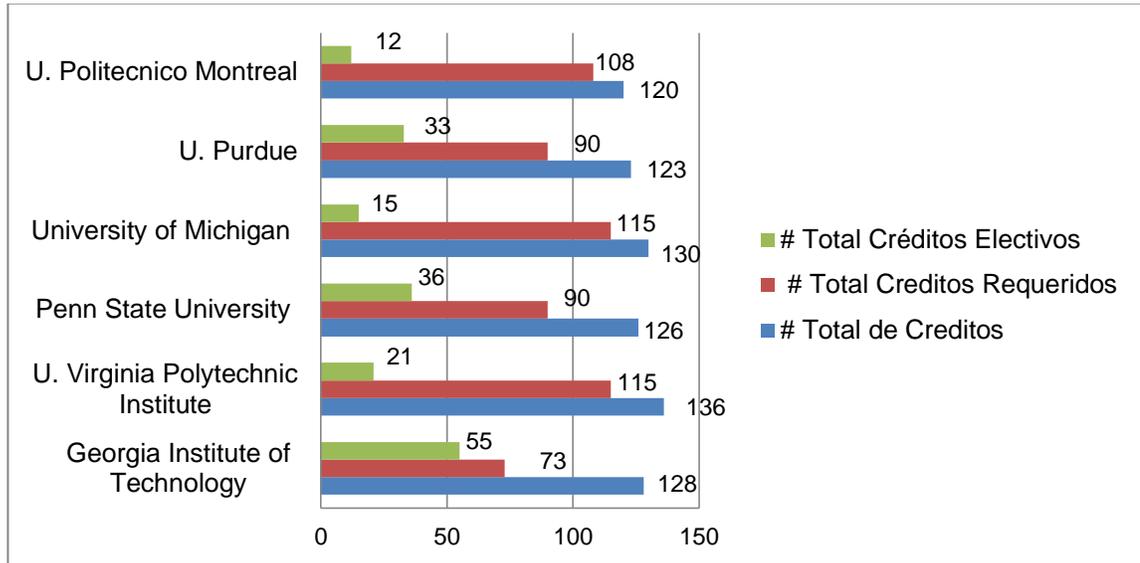
Tabla 2. Créditos por universidad y tipo

Universidades	# Total de Créditos	# Total Créditos Obligatorios	# Total Créditos Electivos
Georgia Institute of Technology	128	73	55
U. Virginia Polytechnic Institute	136	115	21
Penn State University	126	90	36
University of Michigan	130	115	15
U. California	120		
U. Purdue	123	90	33
U. Politécnico Montreal	120	108	12

Fuente: Elaboración Propia

Existen créditos que son obligatorios o que podrían llamarse requeridos, mientras que hay un número de créditos que son electivos, la forma en que esta mezcla está repartida se puede ver en la siguiente gráfica.

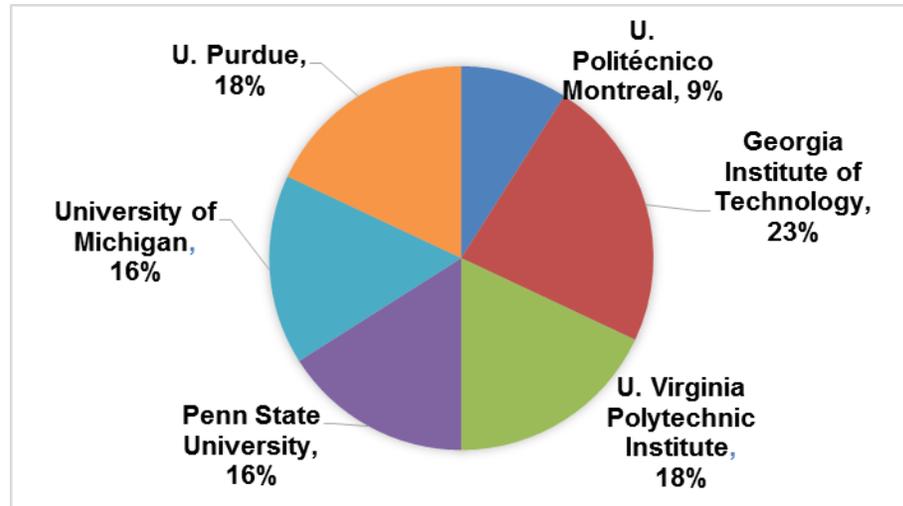
Gráfico 16. Créditos requeridos, electivos y totales



Fuente: Elaboración Propia

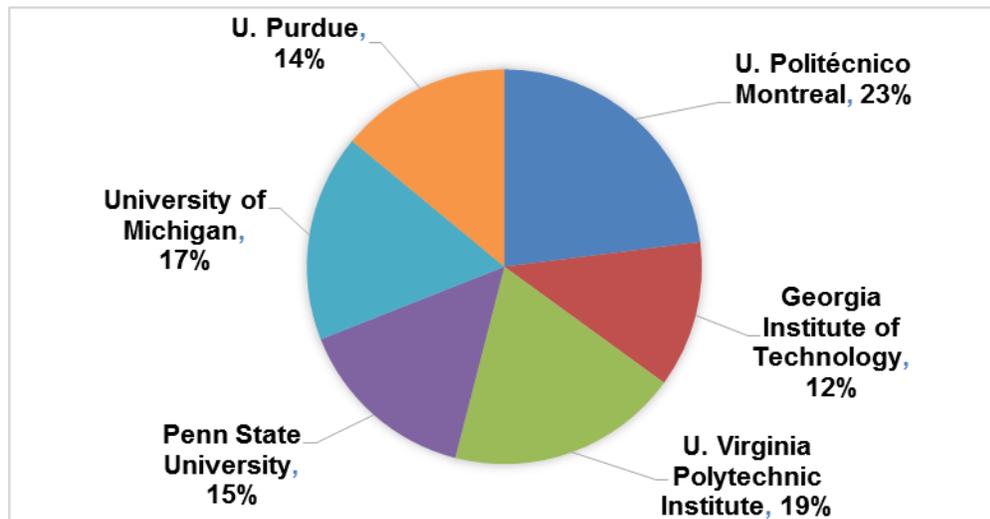
Acerca de cómo está dividida la dedicación a las diferentes áreas de conocimiento, se indagó sobre cuál es la dedicación de cada universidad a las áreas de Ciencias Básicas, Formación Profesional en Ingeniería Industrial, Otras Ciencias de la Ingeniería, Humanidades y Ciencias Sociales y Otros. El resultado está dividido como se ve a continuación.

Gráfico 17. Porcentaje de horas dedicadas a ciencia básica



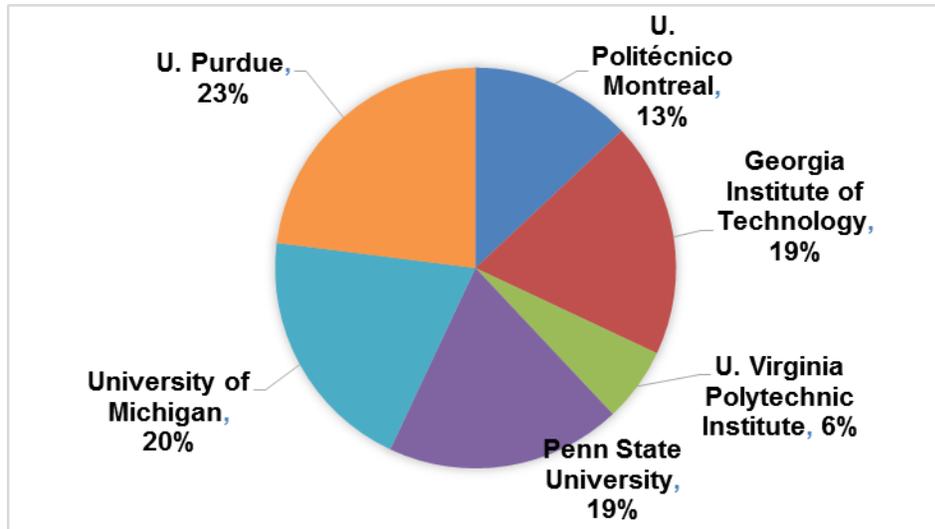
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 18. Porcentaje de horas dedicadas a la formación en ingeniería



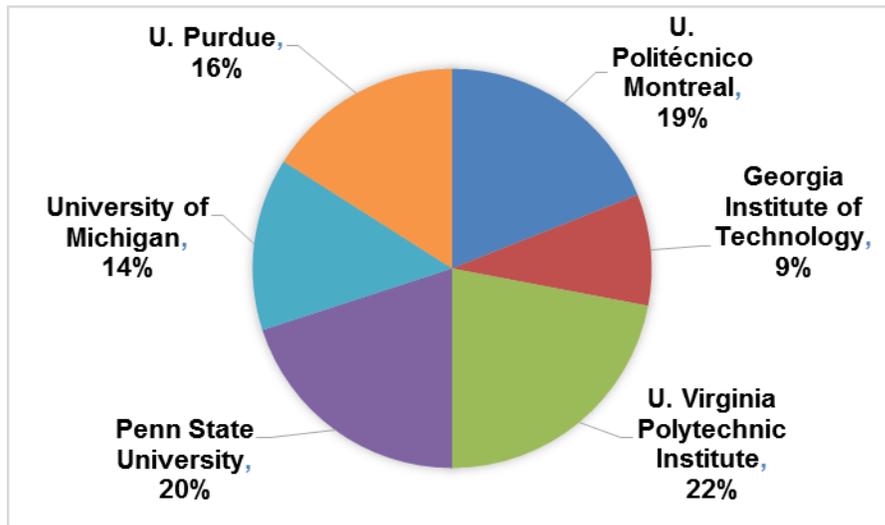
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 19. Porcentaje de horas dedicadas a humanidades y ciencias sociales



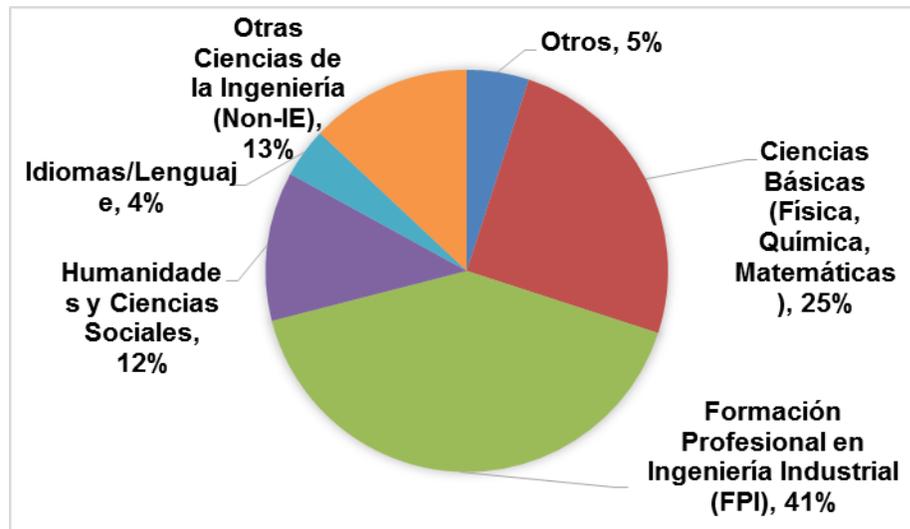
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 20. Porcentaje de horas dedicadas a otras ciencias de la ingeniería



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 21. Promedio de horas totales dedicadas por áreas de estudio en todos los programas



Fuente: Elaboración Propia

- Georgia Institute ofrece el programa de IE más flexible; aproximadamente el 43% de sus horas, están dedica a cursos electivos.
- El Politécnico de Montreal tiene el programa IE menos flexible; sólo el 10% de sus cursos son optativos y el 90% son cursos requeridos.
- Virginia Polytechnic Institute cuenta con el programa IE más exigente: requiriendo 136 créditos o 2025 horas para graduarse.
- El Politécnico de Montreal es el programa menos exigentes en términos de créditos y horas.
- Con la excepción de Georgia Institute. Todos los programas dedican la mayoría de sus horas a cursos de Ingeniería Industrial.
- Las horas totales dedicadas a cursos del core en Formación Profesional en Ingeniería Industria (FPEI) se encuentran en un rango que va de 990 en el Politécnico de Montreal hasta 570 en el Georgia Institute.

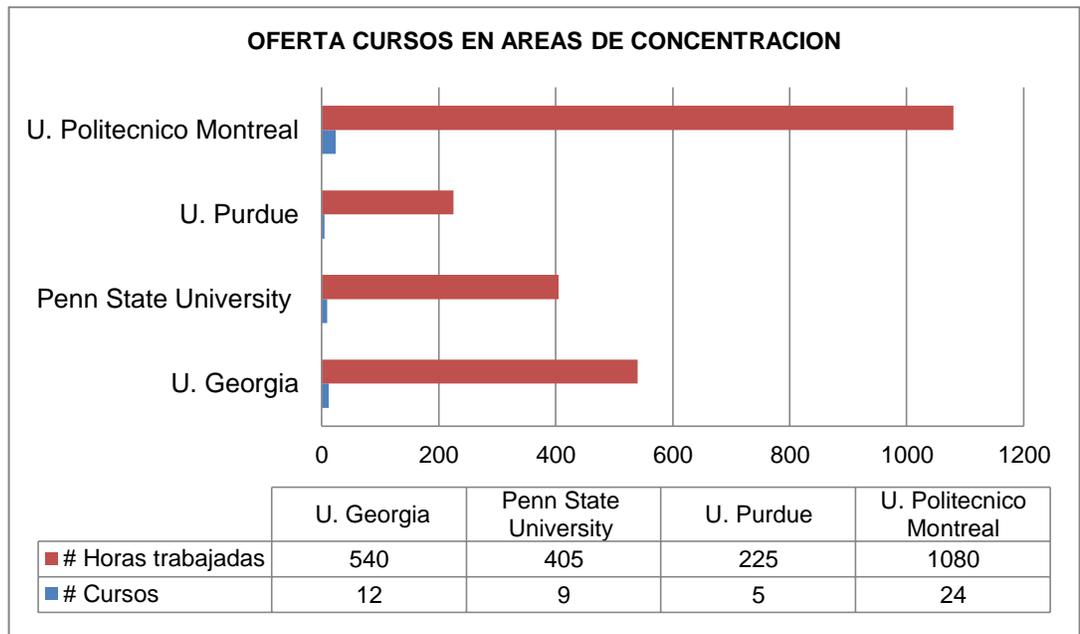
- La mayoría de los programas dedican más del 35% de sus horas totales a los curso del core (FPEI), con un promedio de 41%. Las excepciones ya notadas son Georgia Institute (30%) y Purdue (34%).
- Georgia Institute dedica más horas a las ciencias básicas y matemáticas que a cualquier otra categoría de estudio, casi el 34% de sus horas totales.
- Georgia Institute pone más énfasis en las matemáticas y la ciencia, más que en cualquier otro programa de otra universidad.
- Matemáticas y Ciencias básicas es la segunda área de estudio más importante para la mayoría de los programas de Ingeniería Industrial con dos excepciones: para Georgia Institute es la primera área más importante de estudio y para el Politécnico de Montreal es la tercera más importante (la primera es FPEI y la segunda Non-IE).
- Los cursos de (Non-IE) corresponden a la segunda área más importante en el plan de estudio en el programa de Ingeniería Industrial en el Politécnico de Montreal.
- Para los 6 programas bajo estudio, en promedio el 41% de las horas se dedican a clases del área (FPEI), el 25% a las matemáticas y las ciencias básicas, el 12% a las humanidades/ciencias sociales, y el 14% a los cursos (Non-IE).
- Purdue enfatiza más en las humanidades y ciencias sociales que cualquier otro programa, mientras que Virginia en los cursos de “*Non-Engineering*” (Non-IE).
- La Universidad de Penn State hace más énfasis en los idiomas que cualquier otro programa y la Universidad Politécnica de Montreal hace el menor énfasis en los idiomas.

Acerca de la opción de especialidades o áreas de concentración tales como análisis económico y financiero, investigación de operaciones u otros, se encontró que existen diferentes alternativas. Los resultados se describen a continuación:

- El 57% de los programas ofrecen cursos en áreas de concentración, estos son: (Georgia Institute, Penn, Montreal y Purdue).

- La Georgia Institute ofrece 12 cursos: en Supply Chain Engineering (3), Quality and Statistics (3), Economic and Financial Systems (3), Operations Research (3), cada uno con 9 créditos para un total de 540 horas trabajadas en el programa.
- La universidad de Penn State ofrece 9 cursos: en Manufacturing Systems (3), Service Engineering (3), y en Information Technology for IEs (3), cada uno con 9 créditos para un total de 405 horas trabajadas en el programa.
- La U. Purdue ofrece 5 cursos, en Ingeniería Financiera Sistemas (2), en Factores Humanos (1), en Systems (1), Manufactura (1), para 15 créditos y un total de 225 horas trabajadas en el programa.
- Finalmente la U. Montreal es la que más cursos de concentración ofrece al tener una oferta de 24 cursos, estos cursos en Value added production (4), Service engineering (4), Human machine interfaces (4), Ergonomics and OHSM (4), Technology innovation (4), International project management (4), cada uno con 12 créditos para un total de 1,080 horas trabajadas en el programa.

Gráfico 22. Oferta de cursos en áreas de concentración

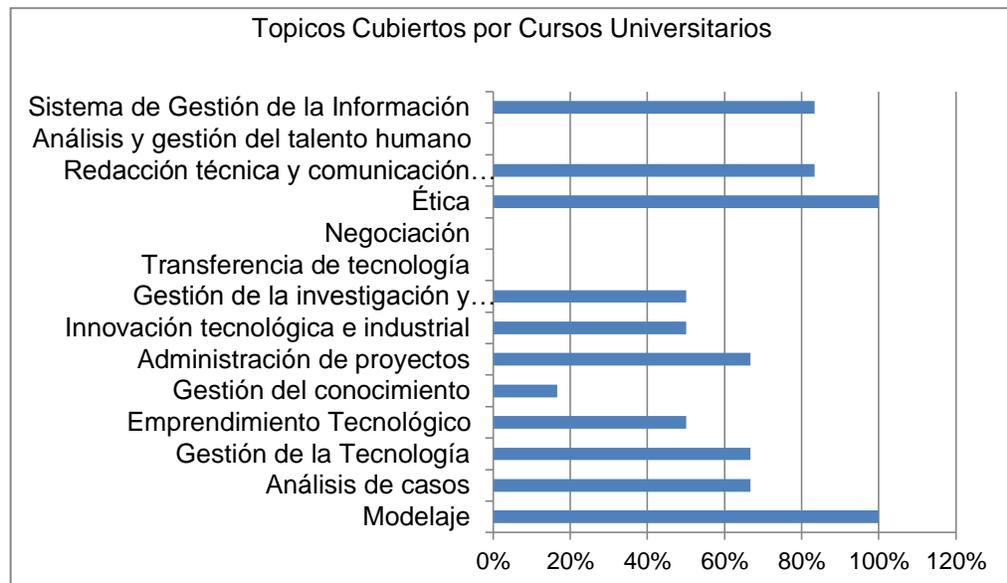


Fuente: Elaboración Propia

Explorando los planes de estudio para determinar cuáles son los cursos más ofertados en las universidades se obtuvieron los siguientes resultados:

- Los tópicos más cubiertos en los cursos de programas de Ingeniería Industrial son: 1) Modelado; 2) Análisis de Casos; 3) Redacción técnica y comunicación oral; 4) Ética y 5) Sistemas de Gestión de Información.
- Modelado es impartido en un 100% de los planes de estudio, incluye 59 cursos con aproximadamente 2.875 horas de trabajo. El programa que mayor énfasis hace en este tema es Georgia Institute y Michigan con 20 cursos y el que menor énfasis hace en modelado es el programa de Virginia Polytechnic Institute y Montreal con 3 y 2 cursos respectivamente.
- La materia de Ética es también impartido en el 100% de los programas, pero con apenas 7 cursos y 165 horas.
- Otros cursos de importancia en el programa seleccionados por el 83% son: redacción técnica y comunicación oral y sistemas de gestión de la información, ambos con pocos cursos y horas en el programa (7 y 10 cursos, 327 y 418 horas respectivamente).
- Los temas no cubiertos incluyen: 1) Transferencia de tecnología; 2) Negociación y 3) Análisis de gestión talento humano.
- Politécnico Montreal cubre más temas que cualquiera otra universidad y Virginia Polytechnic Institute cubre solo 4 de los 14 tópicos indicados.

Gráfico 23. Tópicos cubiertos por cursos universitarios



Fuente: Elaboración Propia

Para tener una base de comparación se indagó acerca de cómo está definido un crédito en los diferentes programas examinados, encontrando que el 100% de los programas los define como una (1) hora de clase a la semana por semestre.

Un tema muy importante para este estudio está representado en conocer cómo las universidades han o no implementado métodos y estrategias de enseñanza que sean innovadoras dentro de los planes de estudio. Se encontró que hay algunos métodos no tradicionales muy utilizados, mientras que otros son usados con poca frecuencia, divididos así:

- Los métodos de enseñanza no-tradicionales más populares o con alto uso entre los participantes son:
 - 1) actividades en clase
 - 2) discusiones grupales
 - 3) estudios de caso
 - 4) herramientas, equipos y software y profesores invitados de la industria

- Los métodos de enseñanza no-tradicionales menos populares o de bajo uso entre los participantes son:
 - 1) dispositivos o equipos de mano
 - 2) uso de PC's por parte del profesor o estudiante
 - 3) excursiones o visitas a empresas

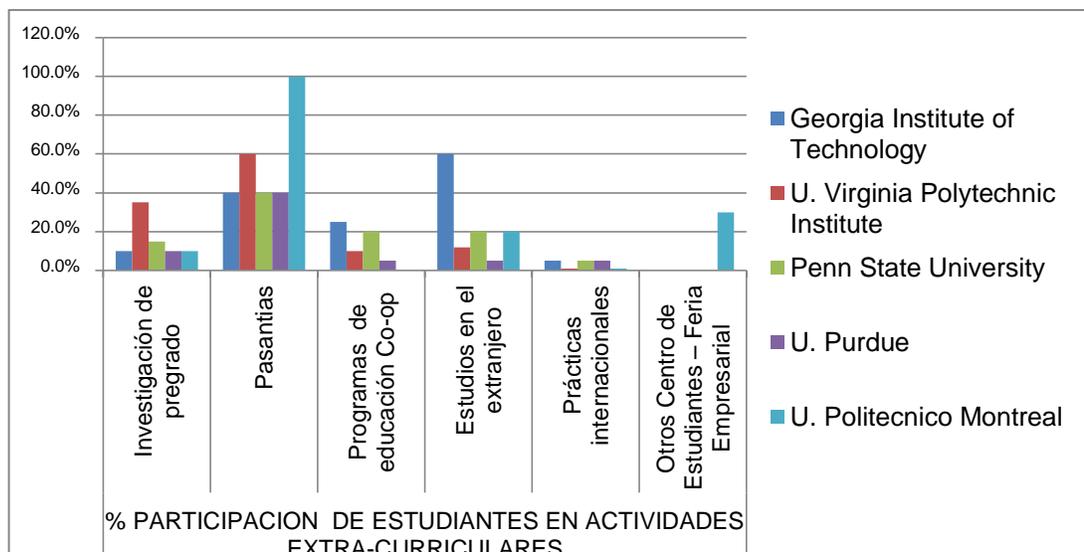
- Es de destacar que la Universidad de Purdue utiliza con más frecuencia los métodos de enseñanza no-tradicionales seguido por Virginia Polytechnic Institute y Montreal.

En qué medida los estudiantes de los programas de Ingeniería Industrial han participado de actividades extracurriculares voluntarias fue otro aspecto explorado en esta investigación, los resultados encontrados fueron que en el 71% de las universidades, sus estudiantes participan en actividad extracurriculares de la siguiente manera:

- **Investigación de pregrado:** la universidad con mayor número de estudiantes participando en investigación a nivel de pregrado es Virginia Polytechnic Institute con un 35%, las otras incluyen a sus estudiantes entre un 10% y 15% a procesos de investigación. Esta es una actividad en promedio de 4 meses.

- **Pasantías:** Montreal reporta un 100% de sus estudiantes participando en pasantías, le sigue Virginia Polytechnic Institute con un 60%, las otras involucran el 40% de su estudiantado. Esta es una actividad en promedio de 5 meses.
- **Programas CO-OP:** En los programas CO-OP, Georgia Institute es la que más estudiantes activos reporta en el programa con un 25%; le sigue Penn State con el 20%; Virginia Polytechnic Institute y Purdue están en un 10% y 5% respectivamente. Los programas CO-OP duran entre 7 y 12 meses.
- **Estudios en el extranjero:** La líder es Georgia Institute con 60% de sus estudiantes participando, le siguen en su orden Penn State y Montreal con un 20%, Virginia Polytechnic Institute con un 12% y Purdue con el 5%. Esta es una actividad en promedio de 3 meses.
- **Prácticas internacionales:** Es una actividad extracurricular de poca participación, en Georgia Institute, Penn State y Purdue apenas el 5% de sus estudiantes participa en esta actividad, Montreal y Virginia Polytechnic Institute reporta apenas el 1%. Esta es una actividad de 3 meses promedio.
- Otras actividades como ferias empresariales fue incluida por Montreal con un 30% de participación de sus estudiantes con un tiempo de dedicación de 1 mes.

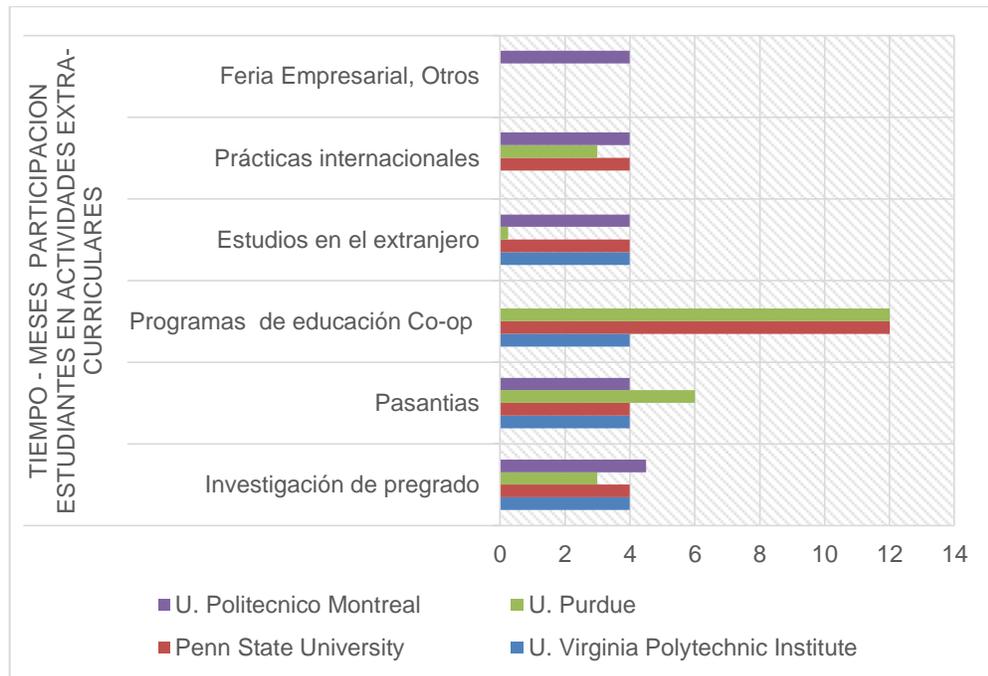
Gráfico 24. Porcentaje de participación en actividades extracurriculares



Fuente: *Elaboración Propia*

Las actividades extracurriculares en tiempo dedicado de los estudiantes:

Gráfico 25. Tiempo dedicado a actividades extracurriculares



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la acreditación por autoridades nacionales y organismos internacionales se encontraron tres casos:

- El 100% de las universidades americanas tienen acreditación nacional mediante ABET.
- Purdue reporta acreditación ABET y Accreditation Board for Engineering and Technology.
- Montreal es acreditada con Canadian Engineering Accreditation Board.

Las universidades que describieron el proceso de acreditación, lo hicieron de la siguiente manera:

Tabla 3. Descripción proceso de acreditación por universidad

Virginia Polytechnic Institute	Montreal:
<p>-El proceso de acreditación se realiza cada seis años</p> <p>-El programa debe presentar un documento de auto-estudio frente a los criterios definidos (por ejemplo, los estudiantes, los resultados del aprendizaje, profesores, etc.)</p> <p>-Un evaluador realiza las visitas in situ durante 3 días completos, por lo general en septiembre-noviembre en el semestre de otoño</p> <p>-El resultado final de la visita de acreditación no se anuncia hasta julio del año siguiente</p> <p>-Por lo general todos los programas de ingeniería están acreditados en el mismo ciclo</p> <p>- Hay siempre al menos un par evaluador para cada programa y, a veces hay observadores también</p>	<p>-Se realiza cada 6 años</p> <p>-Los documentos oficiales describen la evolución del programa y el número de créditos otorgados por los ingenieros registrados</p> <p>-Todos los documentos del curso (libros, apuntes, exámenes, ejemplo de los laboratorios y las tareas) debe ponerse a disposición de los visitantes</p> <p>- Además, incluye las reuniones y entrevistas con los consejeros (las visitas in situ)</p> <p>-Se otorga de 3 a 6 años de acreditación</p>

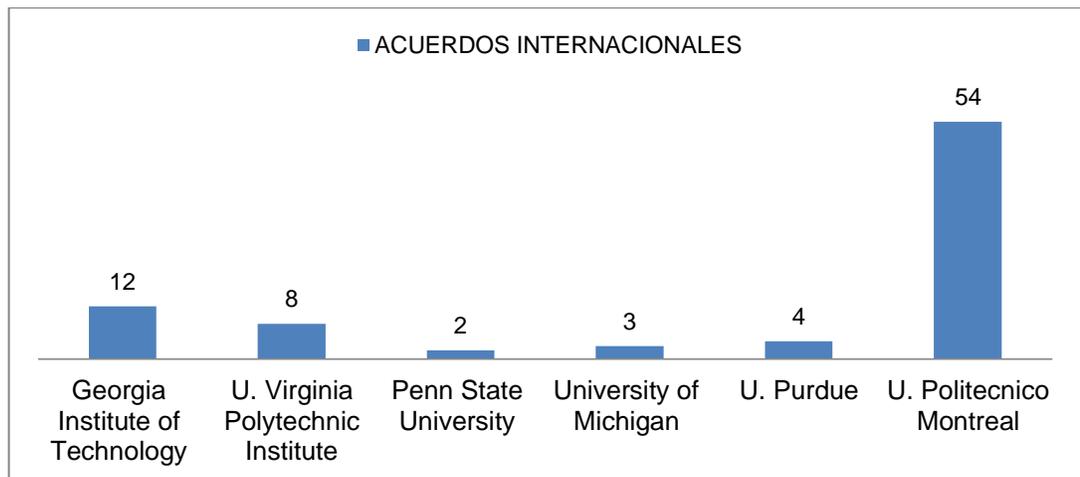
Fuente: Elaboración Propia

Al preguntar por acuerdos internacionales con otras universidades se encontró que el 86% de las universidades contestaron que sí tienen acuerdos internacionales con otras universidades (California, no sabe o no responde). De este 86% se encontró que los profesores y los estudiantes participan en estos acuerdos de la siguiente manera:

- **Acuerdos internacionales de intercambio de estudiantes de pregrado:** El 86% (sin California), tienen acuerdos. Se destaca Montreal con 50, le sigue Virginia Polytechnic Institute con 6, Georgia Institute con 3 y las otras con 1 acuerdo de este tipo.

- **Intercambio de estudiantes de postgrado:** Virginia Polytechnic Institute y Montreal con 1 acuerdo
- **Doble titulación pregrado:** Michigan es la única con 1 acuerdo.
- **Doble titulación de maestría:** Georgia Institute reporta 2 acuerdos, Virginia Polytechnic Institute, Purdue y Montreal con 1 acuerdo.
- **Doble titulación PhD:** Purdue 1 y Montreal 2 acuerdos
- **Pasantías internacionales:** Georgia Institute reporta 7 acuerdos internacionales
- **Otros:** 1 acuerdo (acuerdo informal), Michigan, Penn State y Montreal, Purdue
- Montreal reporta 54 tipos de acuerdos internacionales, Georgia Institute reporta 12, Virginia Polytechnic Institute 8, Purdue 4, Michigan 3 y Penn State 2

Gráfico 26. Acuerdos internacionales con otras universidades



Fuente: Elaboración Propia

Los tipos de acuerdo que cada universidad tiene se encuentran descritos en la siguiente tabla.

Tabla 4. Tipos de acuerdos por universidad

Universidad	Acuerdo	Institución con la que se hace el acuerdo
Michigan	<i>Undergraduate student exchange</i>	Intercambio con la <i>Universidad Shanghai Jaotong</i>
	<i>Dual undergraduate degree</i>	Intercambio con la <i>Universidad Shanghai Jaotong</i>
Virginia Polytechnic Institute	<i>Undergraduate student exchange</i>	Brazil: <i>PUC-Parana, PUC-Rio, Federal University of Rio de Janeiro, Federal University of Juiz de Fora, Federal University of Sao Carlos</i> Germany: <i>Karlsruhe Institute of Technology.</i>
	<i>Graduate student exchange</i>	Brazil: <i>Federal University of Sao Carlos</i>
	<i>Dual Master's degree</i>	<i>Ecole des Mines de Nantes, France – dual MS</i>
Purdue	<i>Undergraduate student exchange</i>	<i>Study Abroad Programs, e.g. with University of Rome</i>
	<i>Dual Master's degree</i>	<i>Several prototype programs with non-US universities</i>
	<i>Dual PhD degree</i>	<i>Several prototype programs with non-US universities</i>
	<i>Other (please include as many as you need)</i>	<i>Graduate research projects with international firms, e.g. Kimberly Clark, Latin America</i>
Georgia Institute	<i>Undergraduate student exchange</i>	<i>National U. of Singapore, Monterrey Tech, TUM</i>

Universidad	Acuerdo	Institución con la que se hace el acuerdo
	<i>International internships</i>	<i>Germany, Japan, Spain, France, China, Singapore, HK</i>
Montreal	<i>Undergraduate student exchange</i>	<i>More than 50 universities in France, Sweden, Spain, Prague, Singapour, etc</i>
	<i>Graduate student exchange</i>	<i>Mostly in France</i>
	<i>Dual Master's degree</i>	<i>Polytechnique Paris</i>
	<i>Dual PhD degree</i>	<i>Polytechnique Paris, Ecole Centrale Paris</i>

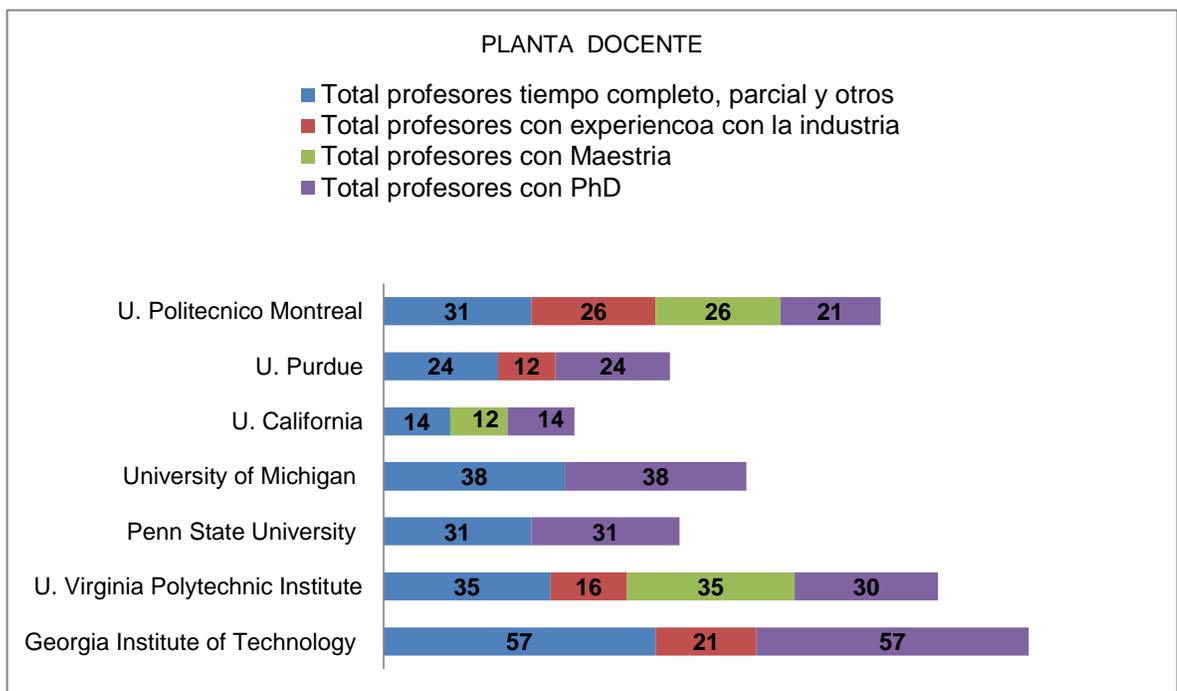
Fuente: Elaboración Propia

El estudio también cubre el perfil de los profesores que las universidades tienen en las facultades de Ingeniería Industrial, los resultados sobre el número de profesores, su experiencia en la industria y su nivel educativo son los siguientes:

- Georgia Institute tiene una planta de 57 docentes, la más grande del grupo. Su programa tiene un gran soporte, pues el 96% de los docentes son profesores de tiempo completo. Cuenta con 21 profesores con experiencia en la industria de los cuales el 95% son de tiempo completo. El 100% de su planta docente tiene PhD, de los cuales el 96% son de tiempo completo.
- Michigan tiene 38 profesores. Del total de docentes, el 61% son profesores de tiempo completo. No cuenta con profesores con experiencia en la industria, y el 100% de su planta docente tiene PhD.
- Virginia Polytechnic Institute tiene 35 docentes, de los cuales el 77% son de tiempo completo. El 46% de sus docentes tiene experiencia con la industria, de los cuales el 63% son de tiempo completo. El 100% de los docentes tienen maestría (77% son tiempo completo) y del total con maestría el 86% tiene además PhD.
- Penn State cuenta con 31 profesores de los cuales el 87% son de tiempo completo. El 100% de los profesores tiene PhD.

- En Montreal con igual cantidad de docentes que Penn State, el 68% son de tiempo completo. Tiene 26 docentes con experiencia en la industria de los cuales el 69% son de tiempo completo. Sus docentes en un 84% tienen maestría, de los cuales el 81% son de tiempo completo. El 68% de los magísteres tienen además PhD y son en un 100% de tiempo completo.
- Purdue cuenta con 24 docentes, el 92% son de tiempo completo. El 50% tiene experiencia en la industria, y de estos el 92% son de tiempo completo. El total de su planta docente tiene PhD, de los cuales el 92% son de tiempo completo.
- California por su parte tiene 14 docentes de los cuales el 86% tienen maestría y el 100% doctorado. Es el programa con menos profesores. No reportan experiencia con la industria.

Gráfico 27. Planta docente por perfiles



Fuente: Elaboración Propia

Se encontró que el 71% de las universidades en el estudio señalan que el profesorado recibe educación y capacitación para mejorar su enseñanza. El tipo

de oportunidades con las que cuentan y los recursos que reciben se encuentran descritos en la siguiente tabla.

Tabla 5. Recursos y oportunidades para los profesores

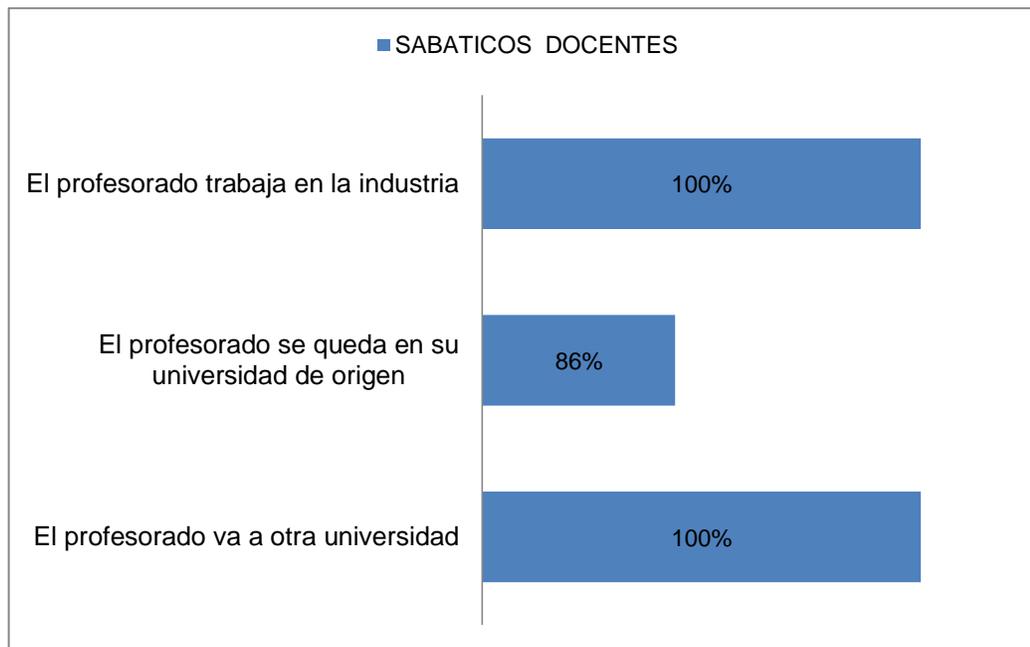
Universidad	Oportunidades	Recursos
Michigan	<ul style="list-style-type: none"> -Cuentan con un Centro de Investigación sobre el Aprendizaje y la Enseñanza en el campus. -Los profesores aprovechan estos recursos sin cargo por estos servicios. 	3.000 dólares para un programa especial que se ejecutan para la nueva facultad
Virginia Polytechnic Institute	<ul style="list-style-type: none"> -Instituto de Capacitación Docente en la Universidad Virginia Tech -Centro para el Desarrollo de Instrucción e Investigación Educativa en la Universidad Virginia Tech - Se ofrecen talleres en temas de enseñanza (por ejemplo, la tecnología, los sistemas de gestión de cursos, la pedagogía, etc.) 	Gratis para docentes
Penn	Tiene muchos servicios de capacitación y entrenamiento de docentes de manera periódica	Gratis
Georgia Institute	Centro para la Mejora de la enseñanza y el aprendizaje, GT	10,000 \$
Montreal	<ul style="list-style-type: none"> -Fondos anuales para la mejora de la enseñanza -Financiación de la investigación individual (se puede utilizar para entrenamiento) -Financiación institucional para mejorar la enseñanza 	1750 \$ 18000 \$ por año Alrededor de 100000 \$ al año para 200 profesores

Fuente: Elaboración Propia

Las oportunidades que tienen los profesores de formación y capacitación incluyen periodos sabáticos o pasantías con la industria. Estos son los resultados encontrados:

- El 100% de universidades incluyen entre sus oportunidades los periodos sabáticos y pasantías con la industria para docentes.
- Estos periodos sabáticos incluyen en un 100%, trabajo con la industria o ir a otra universidad.
- En un 86% incluye quedarse en el lugar de origen

Gráfico 28. Oportunidades de sabáticos o pasantías de los docentes

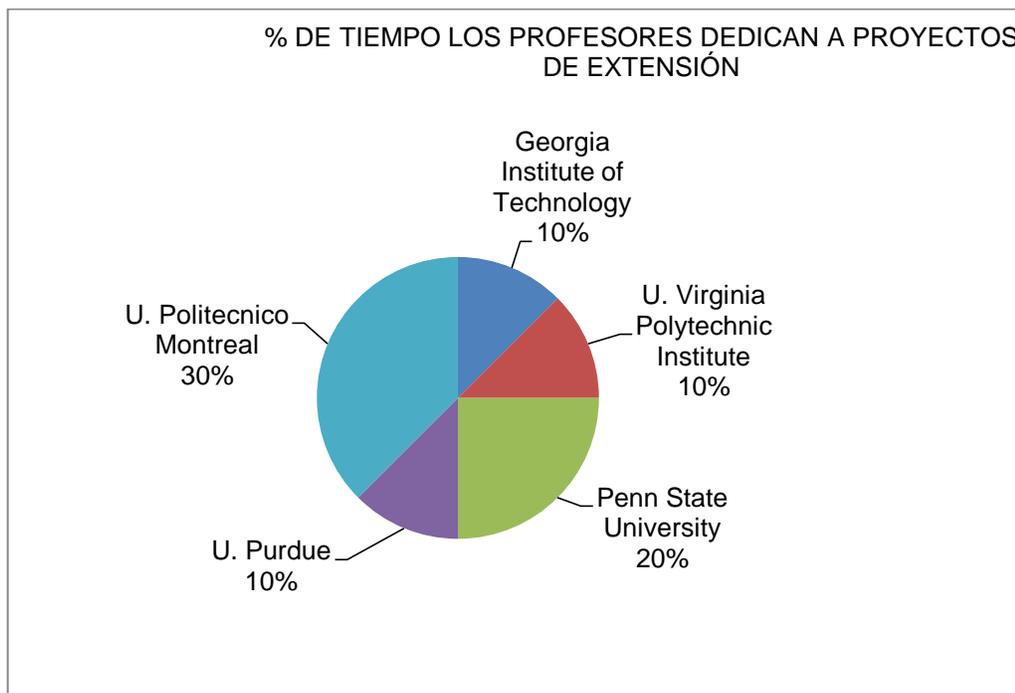


Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al tiempo dedicado a los proyectos de extensión con la industria, la comunidad o incubadoras de empresas, los resultados encontrados se dividen de la siguiente manera:

- Las universidades que dedican el 10% del tiempo de los profesores a proyectos de extensión son Georgia Institute, Virginia Polytechnic Institute, Purdue
- Las Universidades que más tiempo dedican a proyectos de extensión son Penn State 20% y Montreal 30%

Gráfico 29. Tiempo dedicado a proyectos de extensión



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al tipo de actividades que se realizan en los proyectos de extensión se encontraron los siguientes resultados:

- El 71% de las universidades realizan actividades de extensión dirigidas a difundir los resultados de las investigaciones en las empresas. Virginia Polytechnic Institute y California no saben o no responden
- El 86% en sus cursos trabajan con organizaciones empresariales. California no sabe o no responde
- El 71% realiza servicio a la comunidad utilizando los conocimientos y habilidades de la ingeniería industrial. California y Montreal no sabe o no responden

Otro tema explorado fue en qué medida las universidades realizan investigación aplicada dentro del programa de Ingeniería Industrial, encontrándose que el 100% de los programas realizan investigación aplicada y las universidades que incluyeron información sobre sus grupos de investigación fueron las siguientes: Georgia señala que tiene 4 grupos de investigación, Virginia Polytechnic Institute 9 grupos, Michigan 3, las demás universidades no respondieron.

Tabla 6. Grupos de investigación por universidad

Universidad	Grupo Investigación	Iniciativas de Investigación
Michigan	<p>-El Centro para la ergonomía</p> <p>- Centro para el Cuidado de la Salud y la Seguridad del Paciente.</p>	<p>-Ergonomía, el rendimiento humano, y la Seguridad Ocupacional</p> <p>-Ingeniería Financiera</p> <p>-Salud de Ingeniería</p> <p>-Gestión de Ingeniería</p> <p>-Investigación de Operaciones Producción / Manufactura / Sistemas de Distribución - ingeniería de Calidad y Estadística Aplicada</p> <p>-Biomecánica / Fisiología de Trabajo</p> <p>-Los trastornos de trauma acumulativo</p> <p>-Vigilancia médica / Análisis estadístico</p> <p>-Procesamiento de la Información / Interacción hombre-máquina</p> <p>-Evaluación de habilidades psicomotrices</p> <p>-Diseño ergonómico asistido por ordenador y análisis</p> <p>-Protección de Maquinaria y Herramienta de Mano de Seguridad</p> <p>-Seguridad de senderismo y escalada</p> <p>-Expertos de Sistemas y Análisis de Seguridad</p> <p>-Los efectos sobre la salud de la postura de trabajo</p> <p>- Simulación de Movimiento Humano (HUMOSIM)</p> <p>-Ingeniería de Rehabilitación del Centro de Investigación</p> <p>• 3D estática programa de predicción de</p>

Universidad	Grupo Investigación	Iniciativas de Investigación
		resistencia (3D SSPP) - El gasto energético Predicción Program TM (EEPP)
Michigan	<p>-El Instituto Tauber para las operaciones globales es un programa multidisciplinario entre la Facultad de Ingeniería y la Escuela Ross de Negocios</p> <p>-El Instituto trabaja en estrecha colaboración con los socios principales de la industria, lo que permite que el programa siga siendo dinámico y sensible a las necesidades del mundo real</p> <p>Optimización de Sistemas Dinámicos de laboratorio (DSOL). El DSOL es un laboratorio de investigación multidisciplinar con participación de miembros del cuerpo docente de la Facultad de Ingeniería</p>	<p>- El programa del Instituto de Liderazgo de Tauber Advantage desarrolla capacidades en las personas para dirigir "desde la planta hasta la sala de juntas" con las siguientes herramientas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de Liderazgo Personal - Equipo de Formación Dinámica - Talleres de Habilidades específicas sobre "El cambio del sistema de conducción" y los diversos enfoques "gestión del cambio". <p>- IVHS, remplazo de equipos, la agregación, diseño mecánico óptimo y la optimización de horizonte infinito.</p> <p>- DSOL cuenta actualmente con el apoyo de NSF y de la industria. Las instalaciones incluyen un laboratorio de microcomputadoras.</p>
Georgia Institute	<p>-Cadena de Suministro de Ingeniería</p> <p>-Estadística</p> <p>-Optimización</p> <p>-Procesos estocásticos</p>	<p>-Enrutamiento de camiones</p> <p>- Análisis de señales de estadística</p> <p>- Programación de una Línea Aérea</p> <p>- La gestión de ingresos</p>
Montreal	18 de los 21 profesores llevan a cabo una investigación	<p>- La logística</p> <p>- Ergonomía</p>

Universidad	Grupo Investigación	Iniciativas de Investigación
		<ul style="list-style-type: none"> - Investigación de operaciones, transporte, producción - Ingeniería de la salud - Los sistemas de información - Economía - Innovaciones

Fuente: Elaboración Propia

Si los programas de Ingeniería Industrial están participando en asocio con el gobierno u otras instituciones o centros de investigación en algún tipo de proyecto es relevante para ver el grado de integración de las universidades con el Estado y la Industria. Los resultados muestran que una mayoría si tiene este tipo de sociedades en los proyectos:

El 71 % de los encuestados tienen proyectos con el gobierno, instituciones, centros de investigación, o la industria, California y Virginia Polytechnic Institute, no saben o no responden.

Tabla 7. Proyectos en asocio con el gobierno y otros centros de investigación

Universidad	Institución	Tipo de institución	Proyectos
Purdue	NSF	<i>Government</i>	<i>Numerous</i>
	NASA	<i>Government</i>	<i>Numerous</i>
	Kimberly Clark	<i>Industry</i>	<i>Systems engineering</i>

Universidad	Institución	Tipo de institución	Proyectos
Penn	DARPA	<i>Government</i>	<i>Several manufacturing projects</i>
	Dept. of Transportation	<i>Government</i>	<i>Multiple projects in congestion (traffic)</i>
	Kimberly Clark	<i>Business</i>	<i>Multiple projects in supply chain design</i>
Georgia Institute	Keck Foundation	<i>Non-profit</i>	<i>Virtual factory</i>
	WHO	<i>Ngo</i>	<i>Malaria eradication</i>
Montreal	CIRRELT	<i>Interuniversity research group in logistics</i>	<i>More than 10 projects in logistics</i>
	GERAD	<i>Interuniversity research group in OR</i>	<i>More than 5 projects in OR</i>
	CIRANO	<i>Interuniversity research group in Economy</i>	<i>More than 3 projects</i>

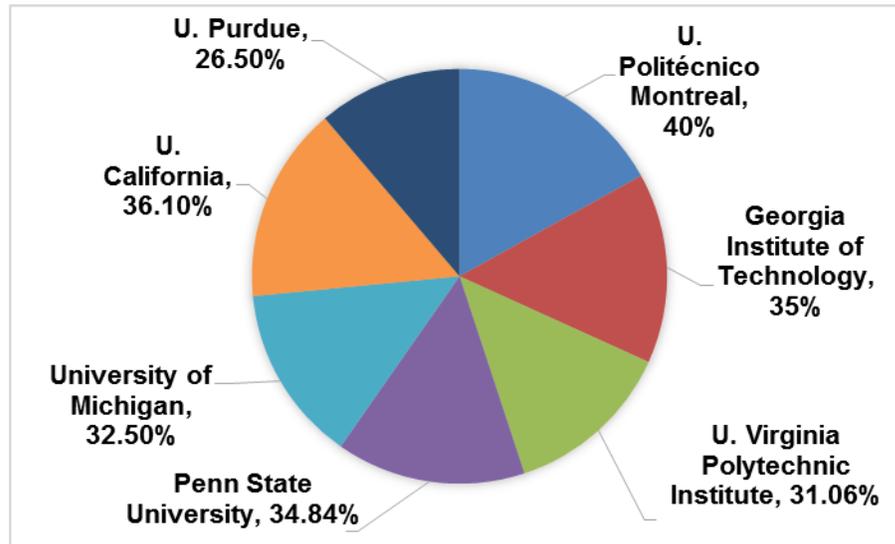
Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a los programas de extensión o formación continua para sus alumnos se encontraron los siguientes resultados:

- El 57% contestan que sí tienen programas de formación continua para sus alumnos, las Universidades de Georgia Institute, Virginia Polytechnic Institute, Montreal no saben o no responden.
- Michigan: encuestas de egresados, la junta asesora, Alumni Reunion.
- Purdue: Boletín de noticias, correos directos
- Penn State: PSIMES

Los resultados relevantes acerca de la participación de las mujeres dentro del conjunto de los estudiantes de Ingeniería Industrial se encuentran a continuación.

Gráfico 30. Participación de la mujer en programas de Ingeniería Industrial

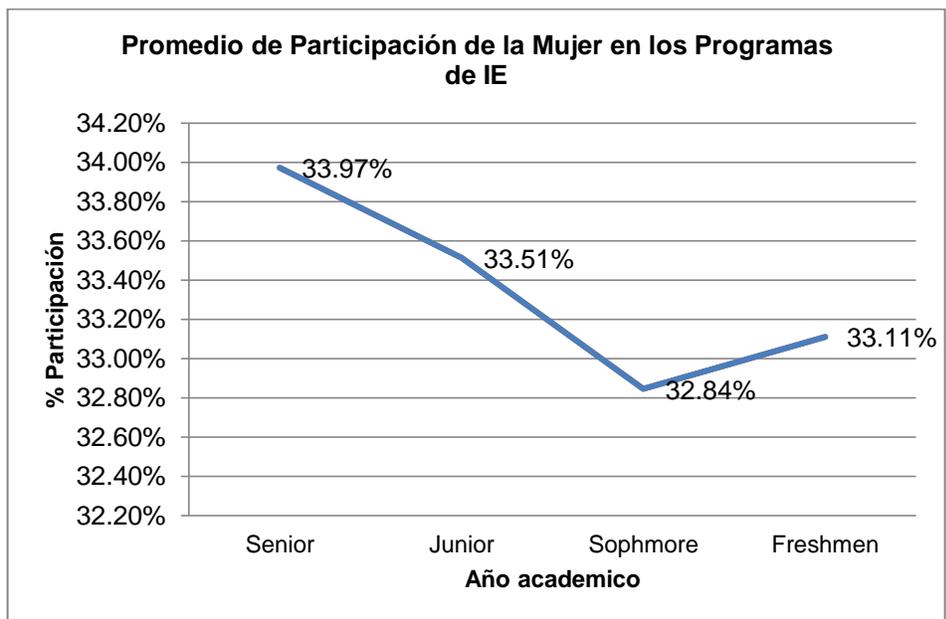


Fuente: Elaboración Propia

- El promedio de la participación de mujer en los 7 programas de IE es del 33,36%
- El Politécnico Montreal tiene la más alta participación de la mujer en su programa (40%) seguido por la Universidad de California (36,10%), Georgia Institute (35%), Penn State University (34,84%), University of Michigan (32,50%), Virginia Polytechnic Institute (31,06%), y Purdue (26,50%)
- La participación de la mujer en los siete programas de IE se ha disminuido de 33,97% a 33,11% durante los 4 años de los programas

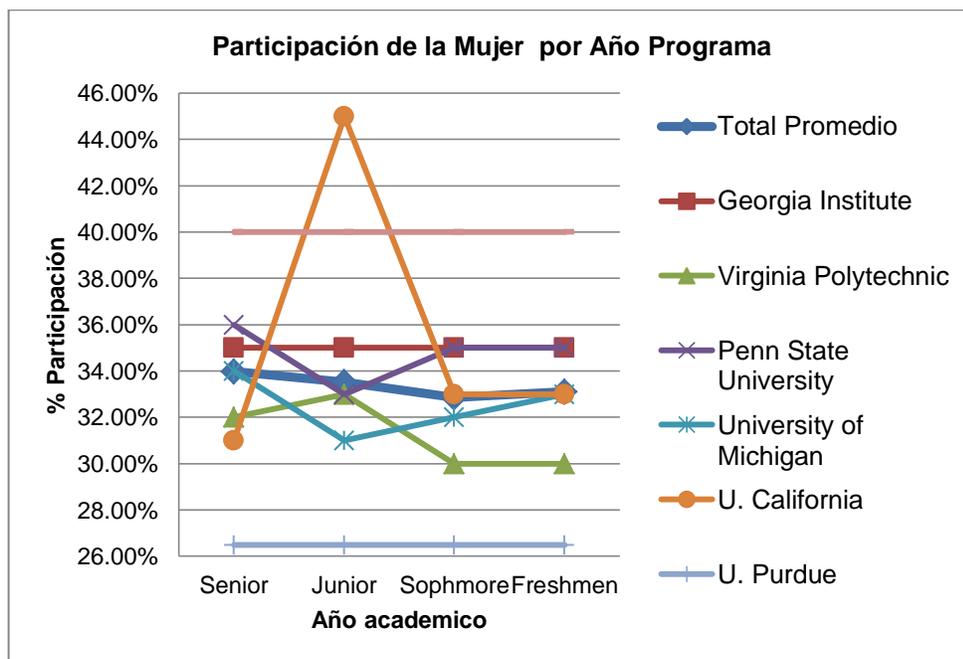
Nota: Datos de participación de la mujer en el primer año de los programas de Virginia Polytechnic Institute y California no están disponibles. En su ausencia se substituyeron los datos del segundo año.

Gráfico 31. Participación promedio de la mujer por año académico



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 32. Participación de la mujer por año académico y Universidad



Fuente: Elaboración Propia

Otro dato sobre la participación de las mujeres hace referencia a cuántas mujeres son profesoras del programa de Ingeniería Industrial, los resultados obtenidos son los siguientes:

- En promedio la participación de las mujeres como profesoras de tiempo completo es tan solo del 14%
- La participación promedio de las mujeres como profesoras de tiempo parcial es levemente superior al del anterior ítem, llegando al 18%

Gráfico 33. Mujeres docentes de tiempo completo



Fuente: Elaboración Propia

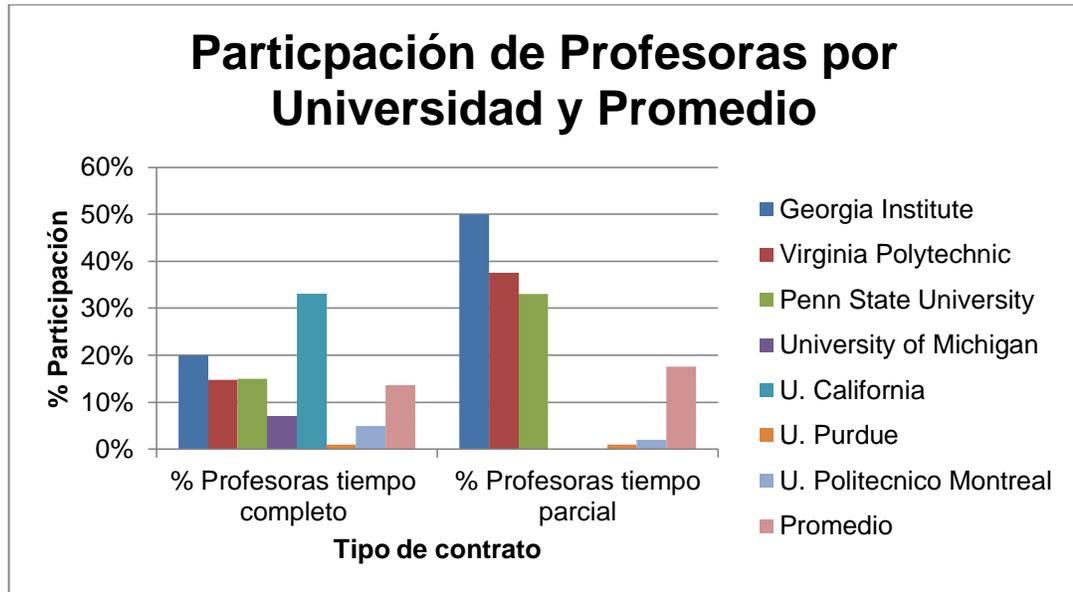
Gráfico 34. Mujeres docentes de tiempo parcial



Fuente: Elaboración Propia

- En profesoras de tiempo completo las universidades que están por encima de la media son California (33%), Georgia Institute (20%), Virginia Polytechnic y Penn State University (15%)
- En profesoras de tiempo completo las universidades que están debajo de la media son University of Michigan (7%), Politécnico de Montreal (5%) y Purdue (1%)
- En profesoras de tiempo parcial las universidades que están por encima de la media son Georgia Institute (50%), Virginia Polytechnic (38%) y Penn State University (33%)
- En profesoras de tiempo parcial las universidades que están debajo de la media son el Politécnico de Montreal (2%) y Purdue (1%)
- Las universidades de California y Michigan no reportan tener profesoras de tiempo parcial

Gráfico 35. Porcentaje de mujeres docentes por universidad

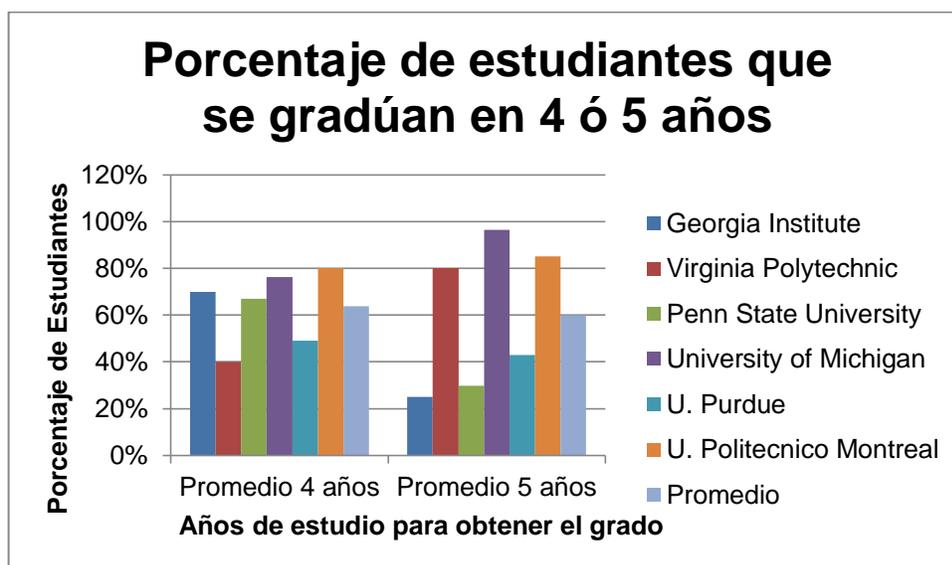


Fuente: Elaboración Propia

Otro tema explorado es el tiempo que los estudiantes se toman para graduarse, para este caso se encontraron estudiantes que terminan entre 4 y 5 años, los resultados son los siguientes:

- En promedio 64% de los estudiantes logran graduarse en 4 años y un 60% lo logra en 5.
- Las universidades que logran un mayor porcentaje de graduados en 4 años son el Politécnico de Montreal (80%), Purdue (76%), Georgia Institute (70%) y Penn State University (67%)
- Por debajo del promedio para graduar estudiantes en 4 años están Purdue (49%) y Virginia (40%)

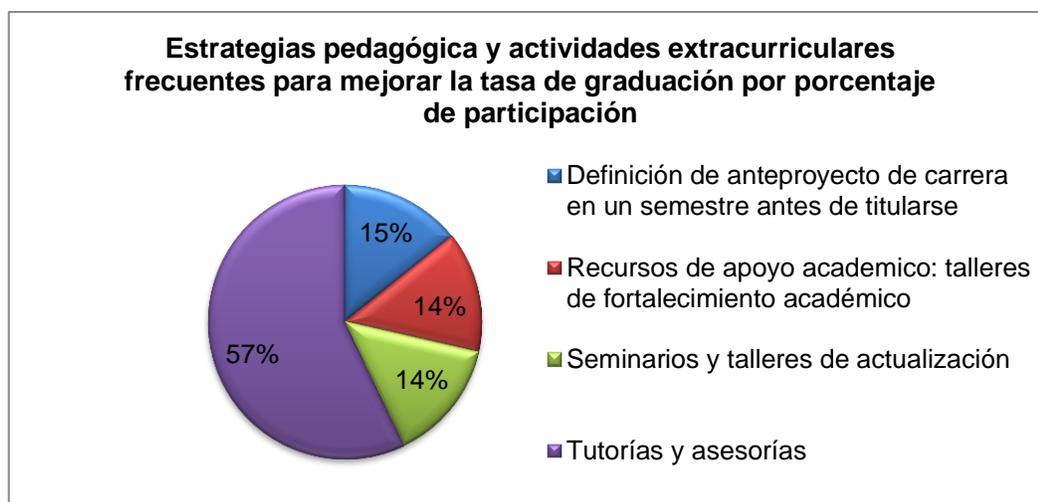
Gráfico 36. Porcentaje de estudiantes que se gradúan en 4 o 5 años



Fuente: Elaboración Propia

En línea con estos resultados se vuelve interesante conocer si existen estrategias pedagógicas para mejorar la tasa de graduación manteniendo la calidad académica, se encontró que se destacan las asociadas a tutorías y asesorías que representan el 57% de las prácticas utilizadas.

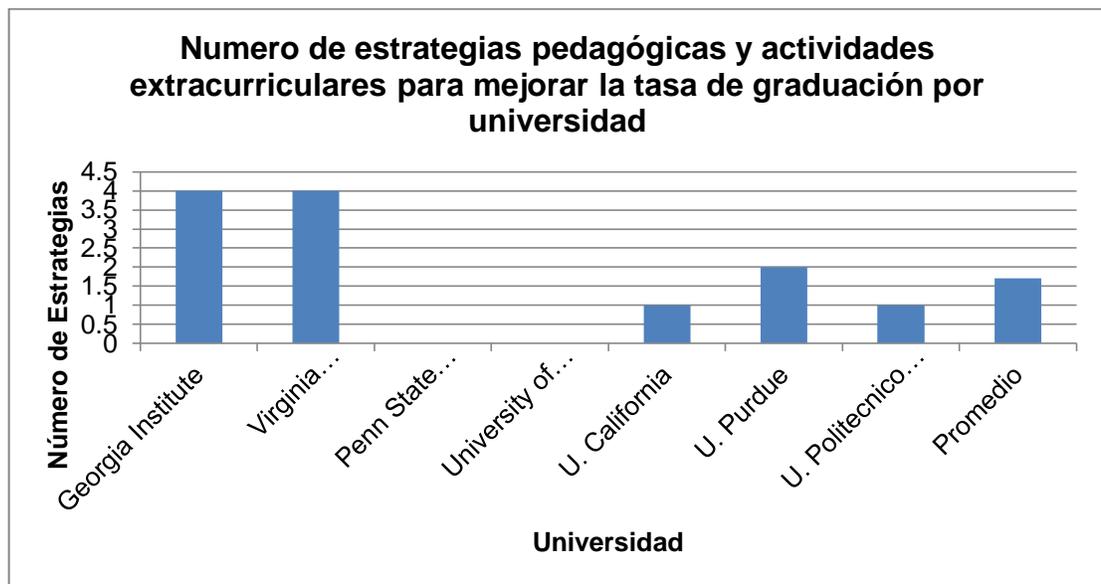
Gráfico 37. Estrategias para mejorar la tasa de graduación



Fuente: Elaboración Propia

- Las universidades que destacan con un número mucho mayor de prácticas al promedio son Georgia Institute y Virginia Polytechnic, en tanto que Purdue está levemente por encima de la media.
- El 50% de las universidades que tienen tasas de graduación por encima de la media para periodos de 4 años están por encima de la media en número de estrategias pedagógicas y actividades extracurriculares.

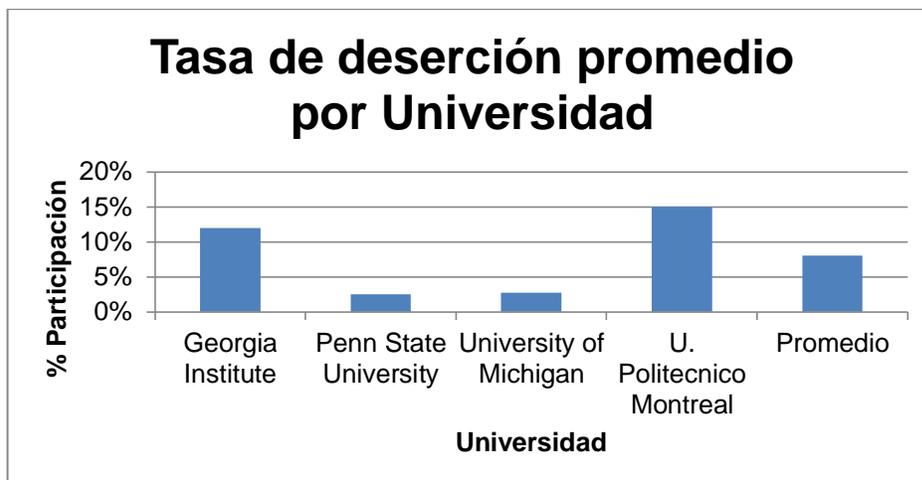
Gráfico 38. Número de estrategias por universidad



Fuente: Elaboración Propia

La tasa de deserción promedio en la región norte es del 8% y está dividida como se puede ver en la siguiente gráfica para cada una de las universidades.

Gráfico 39. Tasa de deserción por universidad

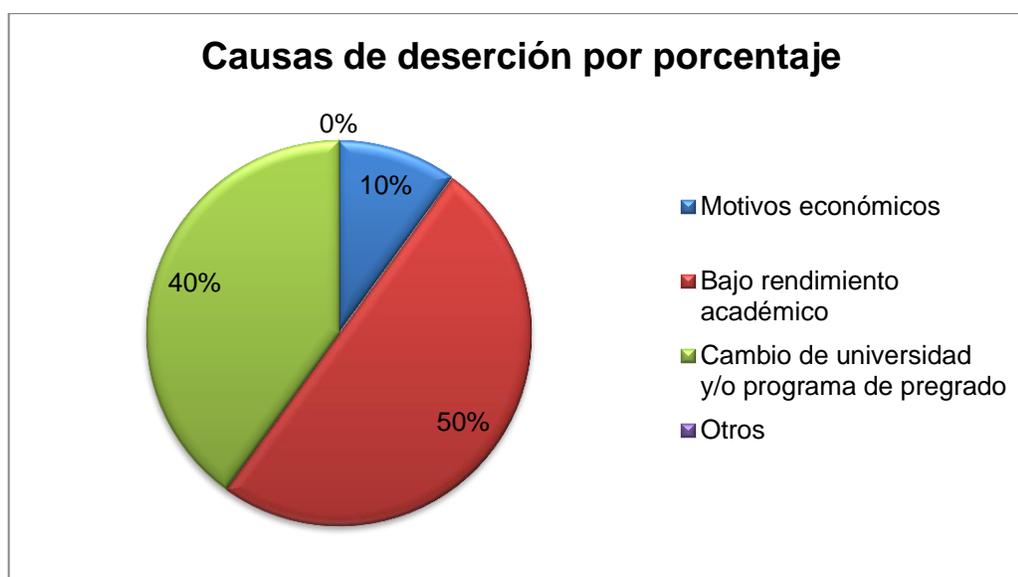


Fuente: Elaboración Propia

Se encontró que la deserción data en un 90% de los casos cubierta por dos causas: Bajo rendimiento académico y cambio de universidad o programa de pregrado:

- La mayor causa de deserción es bajo rendimiento académico (50%)
- La segunda mayor causa de deserción es cambio de universidad o programa de pregrado (40%)

Gráfico 40. Causas de deserción

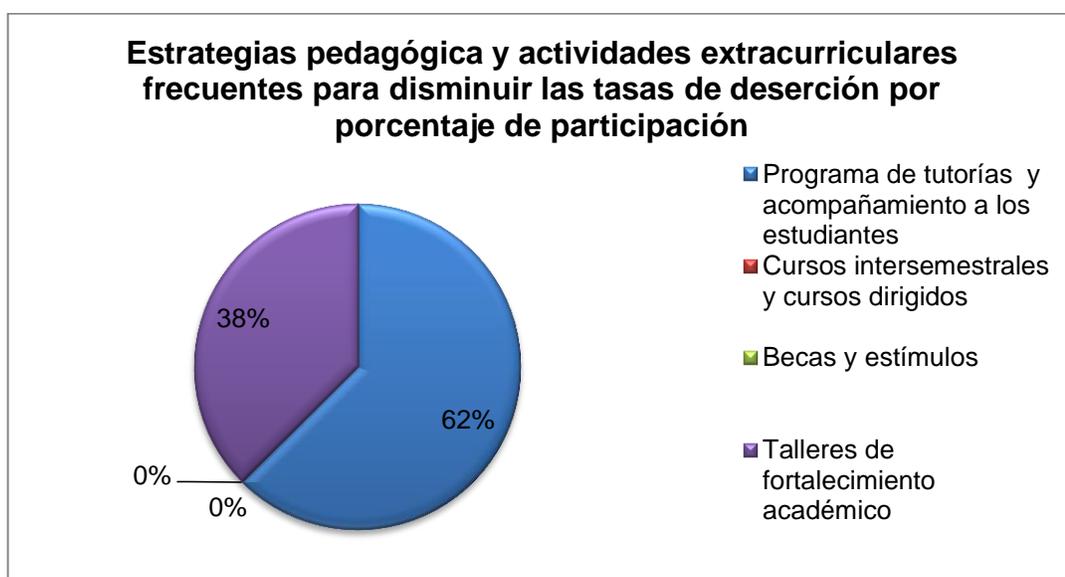


Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a estrategias para disminuir las tasas de deserción de estudiantes, manteniendo la calidad académica del programa se encontraron los siguientes resultados:

- La mayor estrategia para disminuir la tasa de deserción son los programas de tutorías y acompañamiento (62%)
- La segunda estrategia utilizada en 38% de los casos para disminuir la tasa de deserción es el uso de talleres de fortalecimiento académico

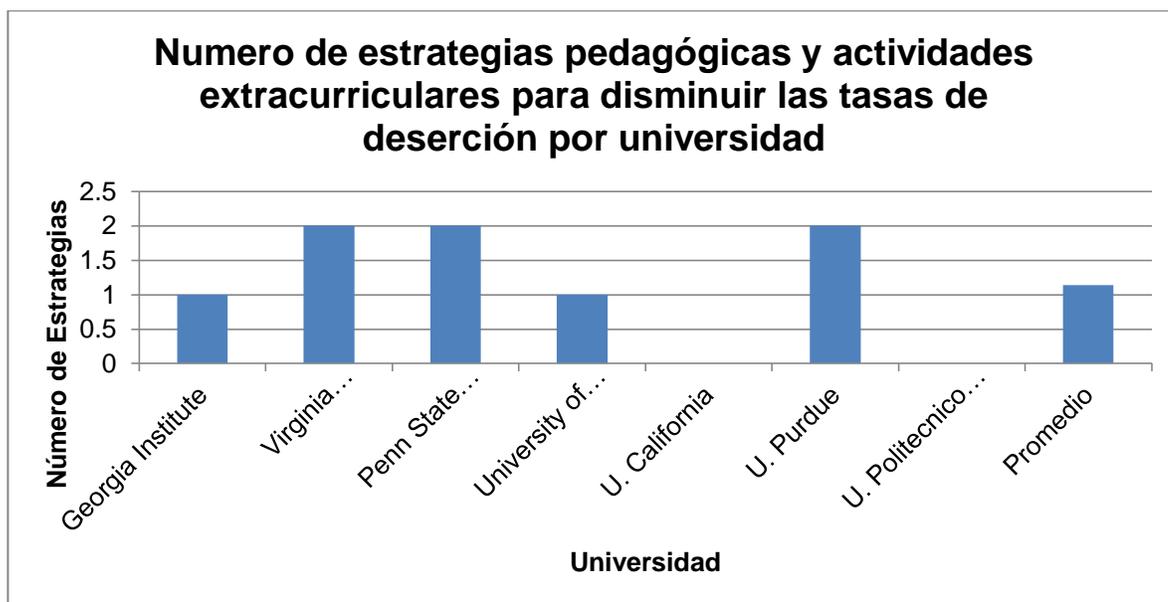
Gráfico 41. Estrategias para evitar la deserción



Fuente: Elaboración Propia

- Las universidades que tienen un número de estrategias por encima del promedio para evitar la deserción son Virginia Polytechnic, Penn State University y Purdue.

Gráfico 42. Número de estrategias para disminuir la tasa de deserción



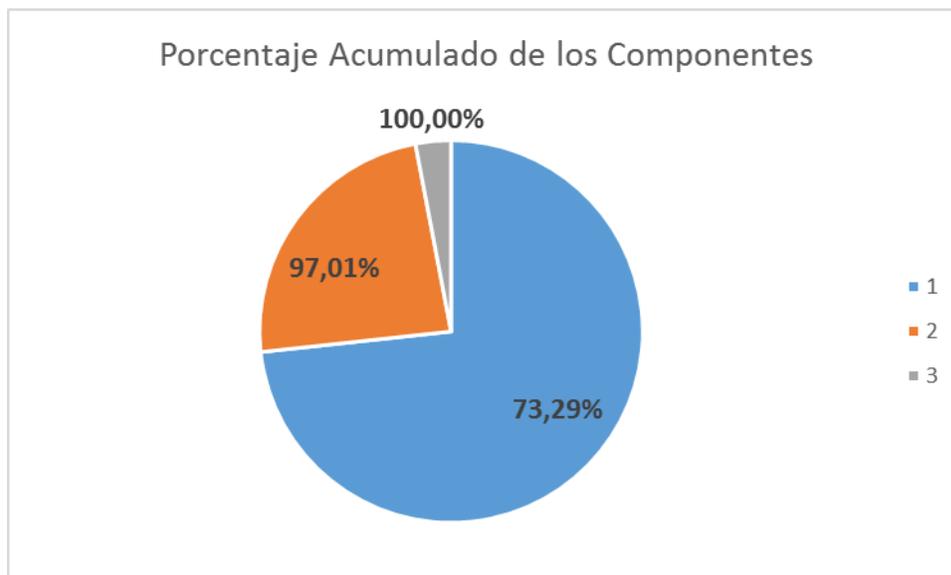
Fuente: Elaboración Propia

3.2. ANALISIS POR COMPONENTES

Para el análisis de componentes principales se decidió examinar la variabilidad de los tipos de cursos de forma que permita observar las tendencias y los énfasis en esta región, la flexibilidad curricular que es uno de los aspectos interesantes del estudio, la internacionalización de las universidades que permite ver el nivel de globalidad de los programas y las oportunidades que tienen los estudiantes de conocer otros entornos y finalmente la relación Universidad – Empresa – Estado para conocer los principales ejes de esta relación en la región dado que este es un factor primordial en el desarrollo de un ecosistema innovador. A continuación se pueden ver los resultados para cada uno de estos casos.

- Analizando los tipos de cursos se obtiene que los dos primeros componentes explican cerca del 97% de la variabilidad (Variables: Cursos en Modelado, Cursos en Gestión de la Tecnología, Cursos en Administración de Proyectos, Cursos en Sistema de Gestión de la Información)

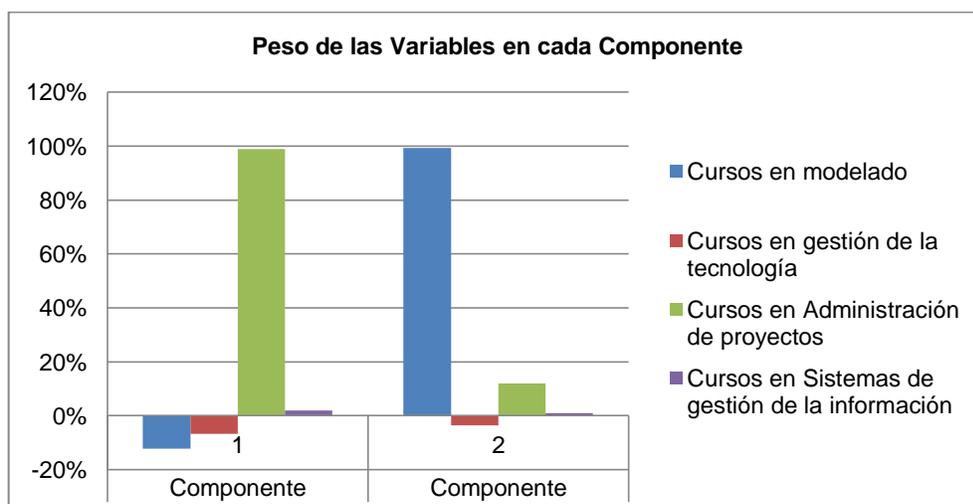
Gráfico 43. Porcentaje de variabilidad acumulada por tipo de cursos



Fuente: Elaboración Propia

- El primer componente está influenciado principalmente por Cursos de Administración de Proyectos, el segundo por Cursos de modelación.

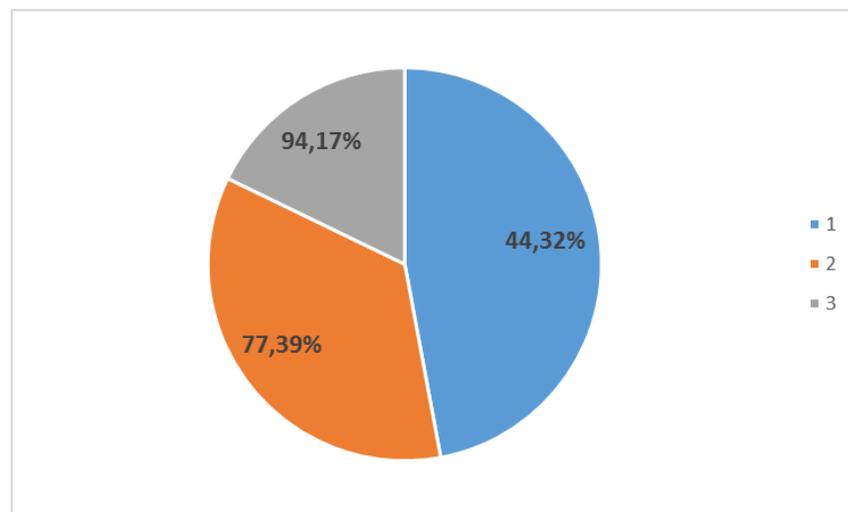
Gráfico 44. Peso de las variables por tipo de curso



Fuente: Elaboración Propia

- Al analizar la flexibilidad curricular se estará hablando de la posibilidad que tiene el currículo de ser modificado y adaptado para responder a las condiciones, intereses, necesidades y aspiraciones del estudiante (Magendzo, 1991) y por lo tanto se estará hablando de rutas optativas de formación, cursos electivos, libertad para que el estudiante organice su plan de estudio, etc. En este orden de ideas se analizó cual es la influencia de los diferentes cursos electivos, como resultado se encontró que el primer componente describe un 43% de la variabilidad, en el segundo se acumula un 77,39% de la variabilidad y con un tercer componente se acumula un 94,17% de la variabilidad.

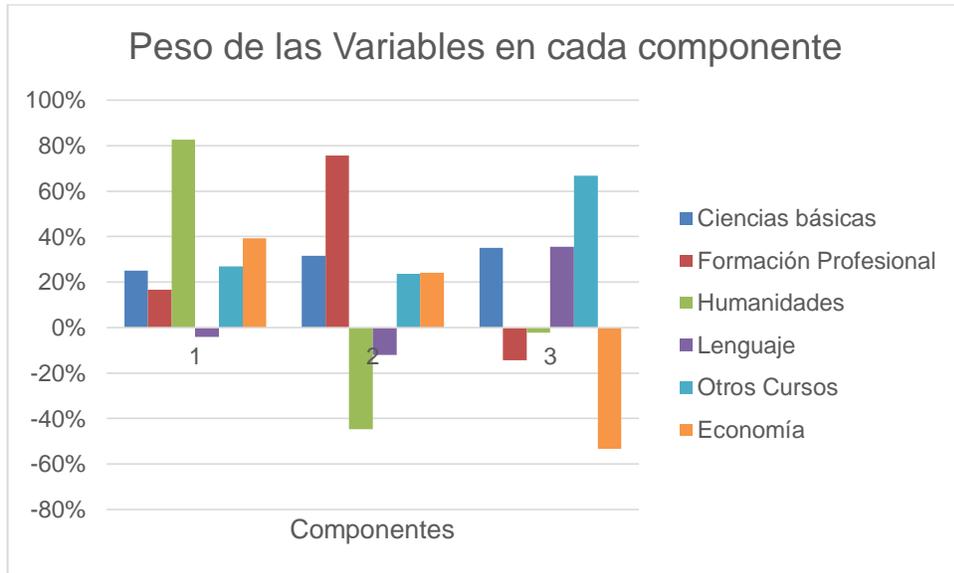
Gráfico 45. Porcentaje de variabilidad acumulada por cursos electivos



Fuente: Elaboración Propia

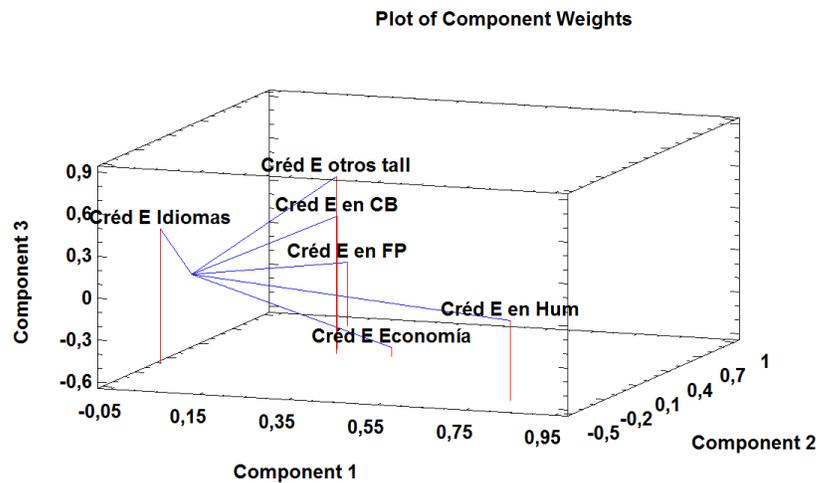
- El primer componente está influenciada principalmente por cursos de humanidades, el segundo por Cursos de formación profesional y la tercera por Otros cursos y en menor grado por cursos de Economía.

Gráfico 46. Peso de las variables por cursos electivos



Fuente: Elaboración Propia

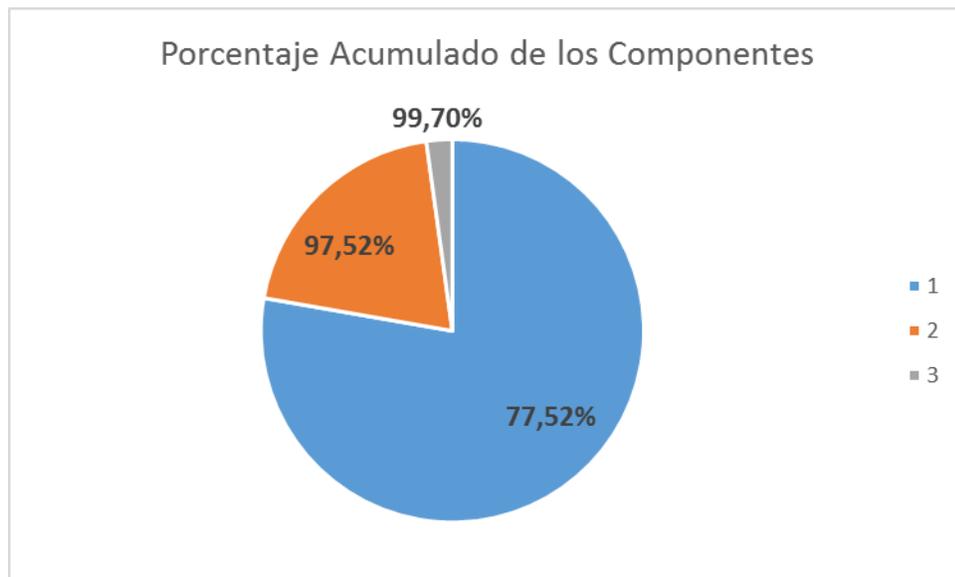
Gráfico 47. Componentes principales para cursos electivos



Fuente: Elaboración Propia

- En el análisis de la internacionalización se tuvo en cuenta variables que presentaran la posibilidad de generar alguna relación con universidades u otras organizaciones en el exterior y para ello se incluyeron, las investigaciones de pregrado, los programas de educación CO-OP, el estudio en el extranjero, las prácticas y los acuerdos internacionales. Para este caso el primer componente representa un 77,52% de la variabilidad, en tanto que con el segundo se logra un 97,52% de la variabilidad y con el tercero se ajusta un 99,70% acumulado de la variabilidad.

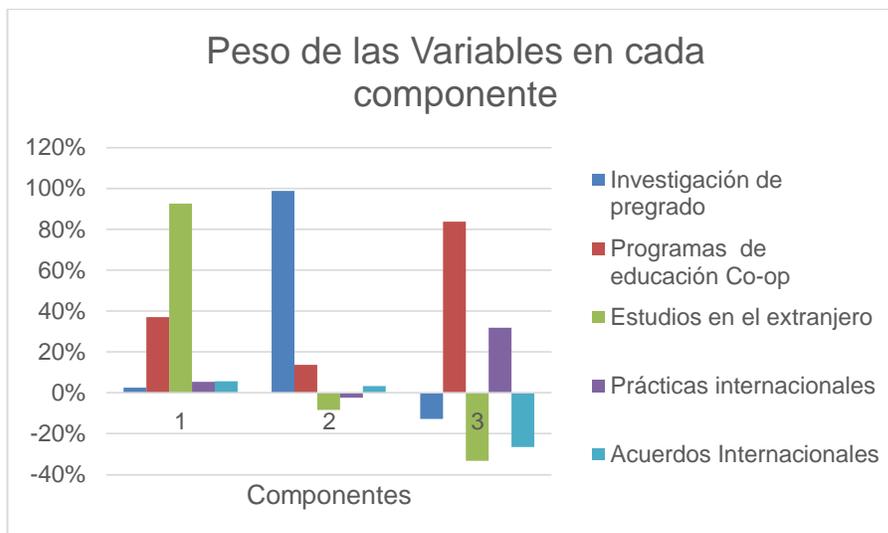
Gráfico 48. Porcentaje de variabilidad acumulada por internacionalización



Fuente: Elaboración Propia

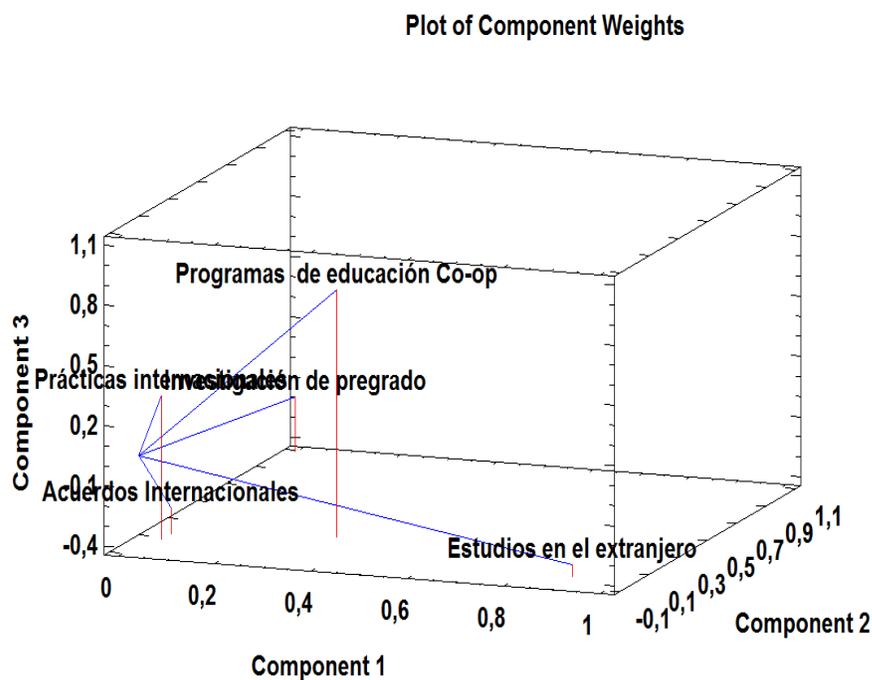
- El primer componente está influenciado principalmente por estudios en el extranjero, el segundo por las investigaciones de pregrado y el tercero por los programas de educación CO-OP.

Gráfico 49. Peso de las variables por internacionalización



Fuente: *Elaboración Propia*

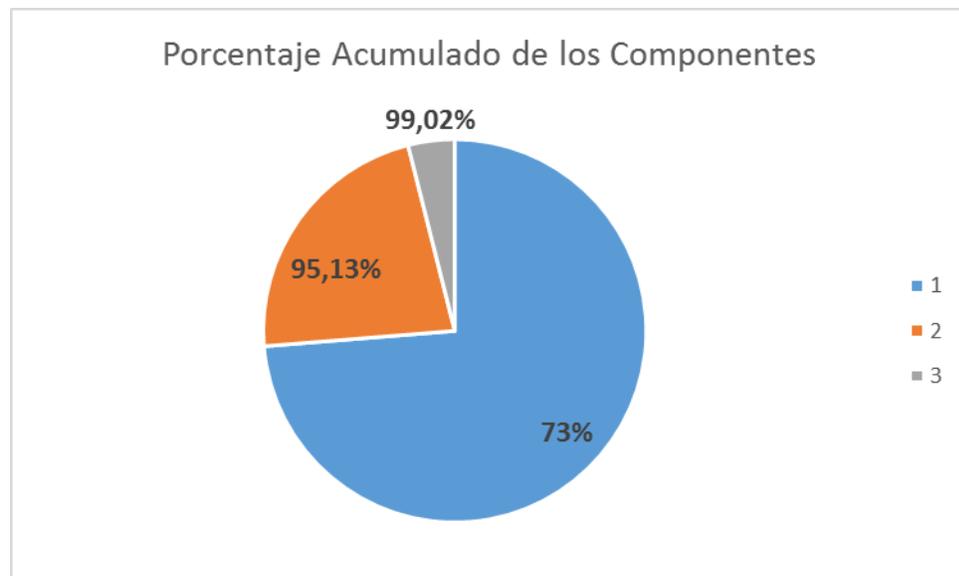
Gráfico 50. Componentes principales para cursos electivos



Fuente: *Elaboración Propia*

- En el análisis de la relación Universidad-Empresa-Estado (UEE) se tomaron las variables investigación de pregrado, pasantías, programas de educación CO-OP, las prácticas internacionales y la relación con instituciones con las que se tenía proyectos, ya que todas estas reflejan oportunidades de articular dicha relación desde algún aspecto. Se encontró que el primer componente representa un 73% de la variabilidad, con el segundo se alcanza un acumulado del 95,13% de la variabilidad y con el tercero un 99,02 de la variabilidad.

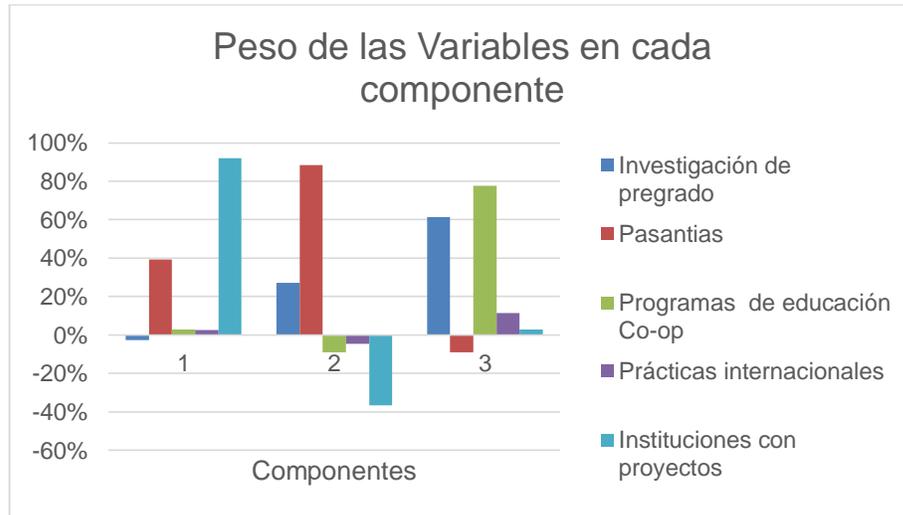
Gráfico 51. Porcentaje de variabilidad acumulada por relación UEE



Fuente: Elaboración Propia

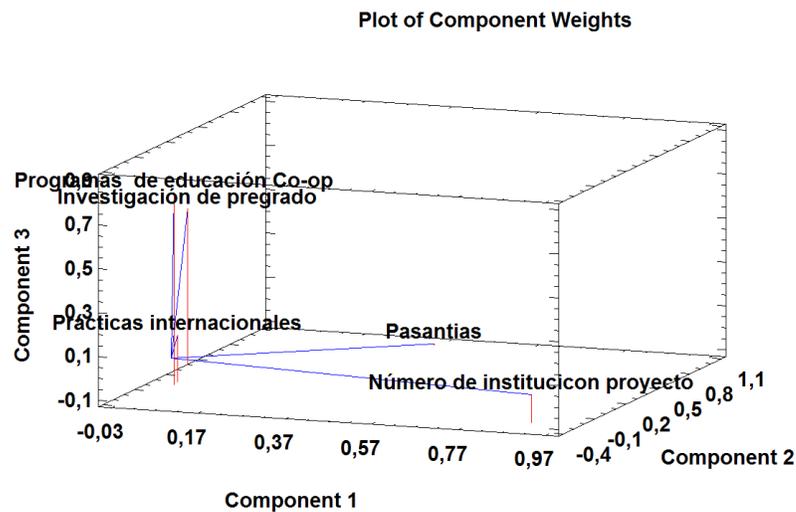
- El primer componente está influenciado principalmente por la relación con instituciones con la que se tienen proyectos, el segundo por pasantías y el tercero por los programas de educación CO-OP e investigación de pregrado.

Gráfico 52. Peso de las variables por relación universidad-empresa-estado



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 53. Componentes principales para relación Universidad-Empresa-Estado



Fuente: Elaboración Propia

3.3. ANALISIS DE CLUSTER

De los aspectos relevantes que se estaban analizando en el estudio de *benchmarking* se pudo realizar el análisis de clúster para tres de ellos: flexibilidad y multidisciplinariedad curricular, internacionalización y mujeres en la ingeniería. Debido a que varias de las preguntas no tuvieron respuesta por parte de la universidad de California los análisis de clúster se realizaron sin incluir a esta universidad.

i. FLEXIBILIDAD Y MULTIDISCIPLINARIEDAD CURRICULAR

En el total del estudio considerando las tres regiones para este aspecto se obtuvieron tres clústeres, sin embargo las universidades de la región norte se concentraron en dos de los clúster como se puede ver a continuación:

Tabla 8. Clúster de universidades por flexibilidad curricular

Fila	Clúster	Universidades
11	3	Georgia Institute of Technology
12	1	Virginia Polytechnic Institute and State University
13	1	Penn State University
14	3	University of Michigan
15	1	U. Purdue
16	1	U. Politécnico Montreal

Fuente: Elaboración Propia

Para este caso, el estudio realizado puso a 4 universidades de la región norte (Virginia Polytechnic Institute, Penn State University, U. Purdue y U. Politécnico Montreal) en el primer clúster y 2 universidades en el tercero (Georgia Institute of Technology y University of Michigan). Para ambos casos los valores promedio en cursos de Gestión Tecnológica es bajo, siendo una característica general en la región en tanto que el tercer grupo tiene un muy alto promedio en cursos de Modelado, siendo esta su característica principal. Los cursos de análisis de casos con valores más altos que los de gestión tecnológica tampoco son muy altos.

Tabla 9. Diferencias en cursos por clúster

Clúster	Cursos de Modelado	Cursos de análisis de casos	Cursos de Gestión tecnológica
1	4,07	2,57	1.00
3	20.00	3.00	1.50

Fuente: Elaboración Propia

ii. INTERNACIONALIZACIÓN

En el total del estudio en todas las regiones para este aspecto se obtuvieron cuatro clústeres, de los cuales las universidades de la región norte se localizaron en dos de ellos como se puede ver a continuación:

Tabla 10. Clúster de universidades por internacionalización

Fila	Clúster	Universidades
11	2	Georgia Institute of Technology
12	2	Virginia Polytechnic institute and State University
13	2	Penn State University
14	2	University of Michigan
15	2	U. Purdue
16	4	U. Politécnico Montreal

Fuente: Elaboración Propia

Para este caso todas las universidades de la región norte están en el segundo clúster excepto por el Politécnico de Montreal que está en el cuarto clúster, diferenciándose de las demás por el alto número de acuerdos de intercambio de pregrado.

Tabla 11. Variables de internacionalización por clúster

Clúster	Investigación pregrado	Prácticas	CO-OP Educación program	Estudios en el extranjero	Pasantías internacionales	Acuerdos de intercambio de pregrado	Acuerdos Internacionales
2	0.39	0.35	0.06	0.11	0.03	1.38	0.69
4	0.10	1.00	0.00	0.20	0.01	50.00	1.00

Fuente: Elaboración Propia

iii. MUJERES EN INGENIERIA

En el total del estudio, considerando las tres regiones para este aspecto, se obtuvieron dos clústeres y las universidades de la región norte se concentraron en uno solo de estos clúster como se puede ver a continuación:

Tabla 12. Clúster de universidades por mujeres en ingeniería

Fila	Clúster	Universidades
11	1	Georgia Institute of Technology
12	1	Virginia Polytechnic institute and State University
13	1	Penn State University
14	1	University of Michigan
15	1	U. Purdue
16	1	U. Politécnico Montreal

Fuente: Elaboración Propia

Para este caso las universidades de la región norte quedaron clasificadas dentro del clúster número uno, indicando que la presencia de mujeres, tanto estudiantes

como docentes, es homogénea en la región. El clúster uno se diferencia del dos en que tiene promedios más bajos de participación femenina.

Tabla 13. Variables por clúster mujeres en ingeniería

Clúster	Porcentaje de estudiantes de últimos semestres	Porcentaje de profesores de tiempo completo
1	0.27	0.13
2	0.51	0.48

Fuente: Elaboración Propia

3.4. RESULTADOS EJERCICIO DE VIGILANCIA

Para este estudio de vigilancia se determinaron como factores críticos de vigilancia 11 temas considerados como prioritarios en el estudio Delphi realizado para el programa de ingeniería industrial bajo el marco del proyecto de un estudio comparativo y prospectivo de la Ingeniería Industrial al 2025 realizado para la OEA.

- Costeo por ABC
- BSC, Cuadro de mando integral, gestión por procesos
- Responsabilidad Social Empresarial
- Modelo Metaheurístico de Optimización en Análisis de Cadenas de Suministro
- Optimización de procesos Productivos en el sector manufacturero y de servicios
- Principios evolutivos (algoritmos genéticos, estrategias evolutivas) para técnicas poderosas de optimización
- Gestión de la I+D
- Investigación de mercados
- Planeación por escenarios
- Gestión de riesgo financiero y cálculo del valor en riesgo (VaR)
- Gestión de la Innovación

Para cada uno de estos temas se realizó un estudio de la producción científica asociada a él, incluyendo un análisis de la distribución en el tiempo de esta producción científica ajustando la distribución mediante modelos de curvas en S o sigmoidales para lo cual se verificaron los modelos Logístico, Sigmoidal, Weibull, Gompertz, Hill y Chapman seleccionando el modelo que mejor se ajusta mediante el valor de R cuadrado ajustado.

La información sobre la producción científica producida para cada uno de los factores críticos de vigilancia fue extraída de la base de referencias y citas Scopus.

A continuación se enumeran los resultados obtenidos para cada uno de estos factores.

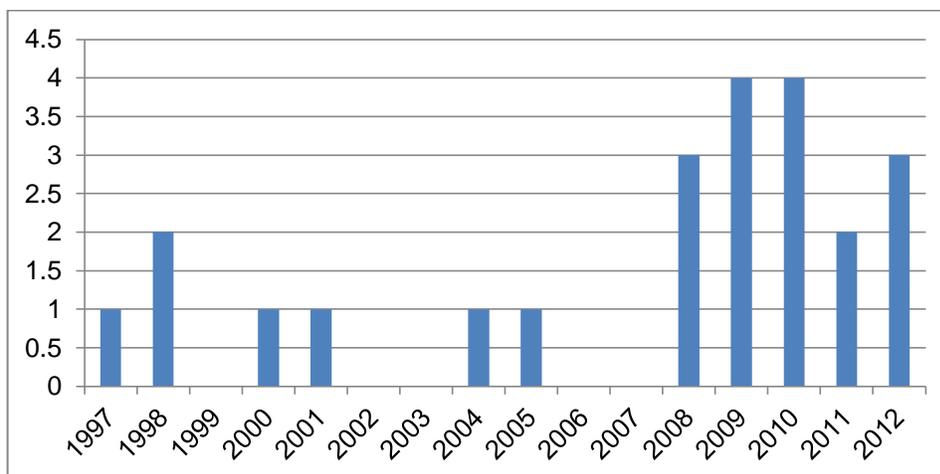
i. RESULTADOS PARA COSTEO POR ABC:

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA:

La ecuación de búsqueda que mejor resultado tuvo para este caso fue:
(TITLE-ABS-KEY(abc W/3 costing) AND TITLE-ABS-KEY("industrial engineering"))
En la cual se obtuvieron 24 resultados.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL TIEMPO:

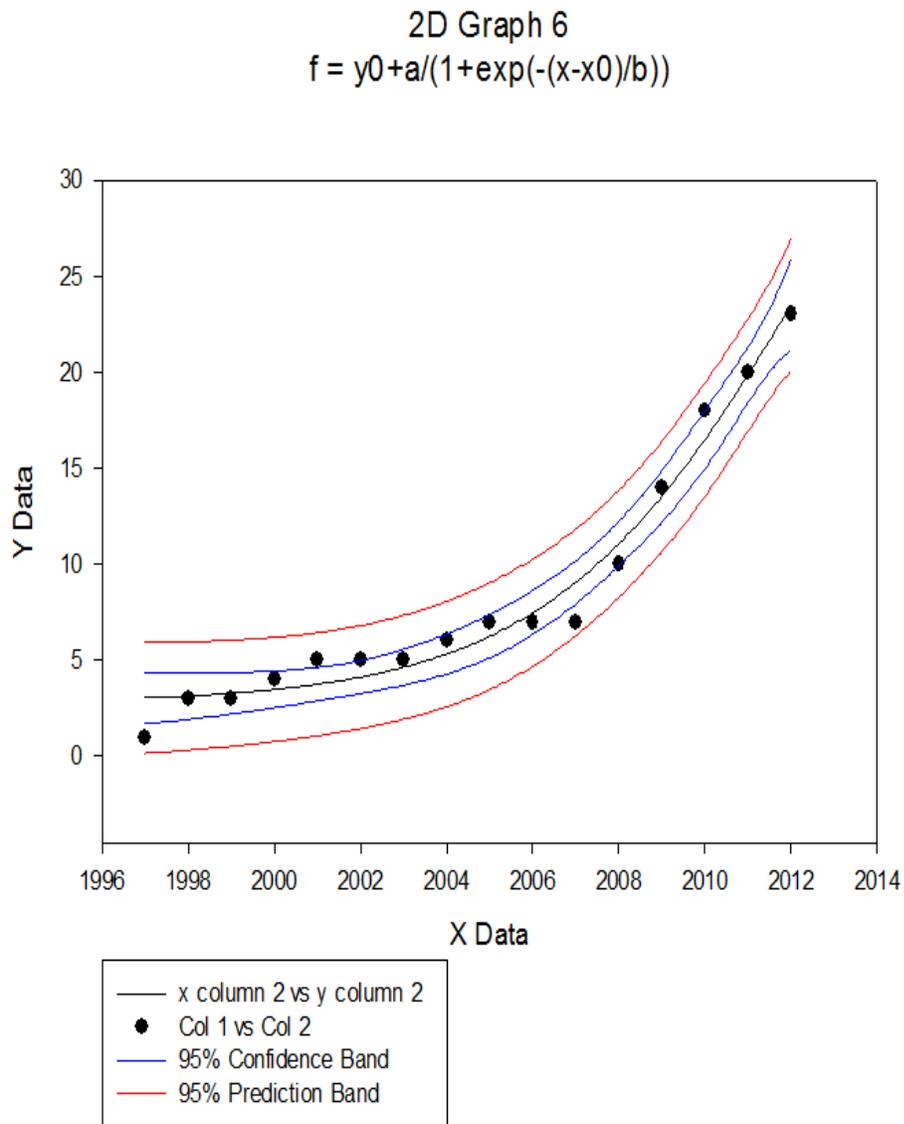
Gráfico 54. Artículos de costeo por ABC en el tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Para analizar el comportamiento de la producción científica en el tiempo se toman los datos del número de artículos publicados por año y el acumulado anual se ajusta a un modelo sigmoidal con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Gráfico 55. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para costeo por ABC



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14. Resultados regresión costeo por ABC

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9874	0,9750	0,9687	1,1659	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	45,3513	34,7301	1,3058	0,2161
b	3,0137	1,0405	2,8963	0,0134
x0	2012,5137	4,0989	490,9919	<0,0001
y0	2,7749	0,8771	3,1639	0,0082

Fuente: Elaboración Propia

AUTORES:

Se encontraron referencias de 72 autores.

Para este caso no se encontraron autores que tuvieran más publicaciones que otros. La lista de autores está en la tabla 15.

Tabla 15. Lista de autores con artículos sobre costeo por ABC

Nombre del Autor			
McGinnis L.	Segovia J.J.	Afonso P.S.	Han Y.-H.
Dantan J.-Y.	Zhou C.	Al-Araidah O.	Li H.
Luo J.X.	Sun B.-F.	Khataie A.H.	Velásquez S.
Hu Y.	Hassan A.	Momani A.	Liu Z.-X.
Enscore E.E.	Boonkhun C.	Dayarian I.	Gustashaw D.
Lu Y.-L.	Xu Y.	AlBashabsheh N.	Xu J.
Cokins Gary	Al-Rifai M.H.	Ma F.	Wei F.
Ma Z.	Langmaak S.	Mandahawi N.	Shao B.
Paisana A.M.	Graver T.	Wu M.-N.	Clark James T.
Siadat A.	Wiseall S.	Fouad R.H.	Zhao X.
Liua J.	Wilgenbusch B.	Chen X.	Bulgak A.A.
Wu J.	Bru C.	Al-Tahat M.D.	Yang W.
Duncan S.	Riel Philippe F.	Chandra M.J.	

Nombre del Autor			
Xue H.	Adkins R.	Abbas A.-R.	
Zhang R.	Manalo R.G.	Nachtmann H.	
Yang H.	Scanlan J.	Andersson J.	
Valenzuela-Manalo M.D.	Savory P.	Bras B.	
Yang J.	Sóbestor A.	Skoogh A.	
Liu Q.	Fan T.	Franz M.	
Zhang Q.	Yang X.	Johansson B.	

Fuente: Elaboración Propia

PUBLICACIONES:

Se encontraron 20 publicaciones en las que se data el tema de costeo por ABC, las cuales contienen 24 artículos relacionados.

En este caso, dado el bajo número de publicaciones encontradas, y que la relación de artículo a publicación es casi de 1 a 1 se presenta la lista completa de las 20 publicaciones encontradas en la tabla 16

Tabla 16. Publicaciones con artículos sobre costeo por ABC

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>SAE Technical Papers</i>	10
<i>Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering</i>	7
<i>Proceedings of the International Conference on Information Management</i> <i>Proceedings of the International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2008</i>	7
<i>International Journal of Production Economics</i>	6
<i>2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2009</i>	5
<i>Proceedings - 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2010</i>	4
<i>2011 IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering</i>	4

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>and Engineering Management, IE and EM 2011</i>	
<i>2008 IEEE International Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, CIS 2008</i>	4
<i>Proceedings - Winter Simulation Conference</i>	3
<i>2009 International Conference on Computers and Industrial Engineering, CIE 2009</i>	3
<i>International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice</i>	3
<i>IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	2
<i>Engineering Economist</i>	2
<i>Proceeding of 2012 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2012</i>	2
<i>IEEM2010 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	2
<i>IE and EM 2009 - Proceedings 2009 IEEE 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	2
<i>IIE Solutions</i>	2
<i>Proceedings of the Seventh International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	2
<i>Annual International Conference Proceedings - American Production and Inventory Control Society</i>	1
<i>Journal of Industrial Engineering and Management</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

La publicación con más autores es “SAE Technical Papers” en la cual 10 autores han publicado un único artículo. Cada publicación tiene un artículo, excepto 4 publicaciones que tienen 2 artículos, estas son: Proceedings of the International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2008 y Proceedings - 3rd International Conference on

Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2010, Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, IIE Solutions.

CITACIONES:

Para este tema se encontraron 5 artículos con citas. En la tabla 17 se puede ver cuáles son estos artículos y en la 18 cuáles son los autores.

Tabla 17. Artículos con citas sobre costeo por ABC

Nombre del artículo	Citas
<i>An application of activity based costing in the air conditioner manufacturing industry</i>	7
<i>If activity based costing is the answer, what is the question?</i>	2
<i>Environmental activity based cost using discrete event simulation</i>	1
<i>Role of IE in engineering economics</i>	1
<i>Theoretical analysis of cost controlling: A mixed method of ABC and optimization</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18. Autores con citas sobre costeo por ABC

Nombre del autor	Citas
Nachtmann, H., Al-Rifai, M.H.	7
Cokins, Gary	2
Andersson, J., Skoogh, A., Johansson, B.	1
Liua, J., Xue, H., Chen, X.	1
Riel, Philippe F.	1

Fuente: Elaboración Propia

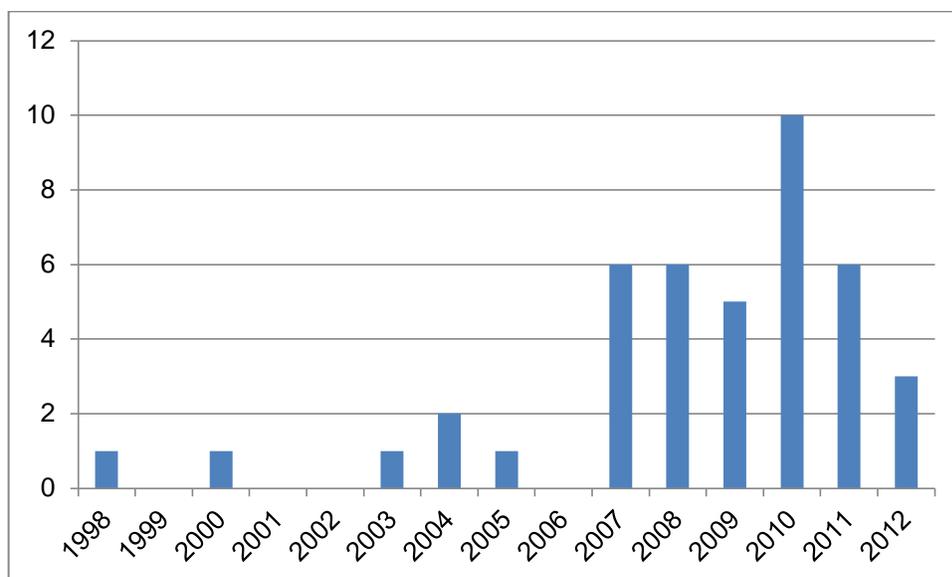
ii. RESULTADOS PARA BSC, CUADRO DE MANDO INTEGRAL

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA:

La ecuación de búsqueda que mejor resultado tuvo para este caso fue: (TITLE-ABS-KEY(balanced W/3 scorecard) AND TITLE-ABS-KEY(industrial W/3 engineering)) En la cual se obtuvieron 42 resultados.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL TIEMPO:

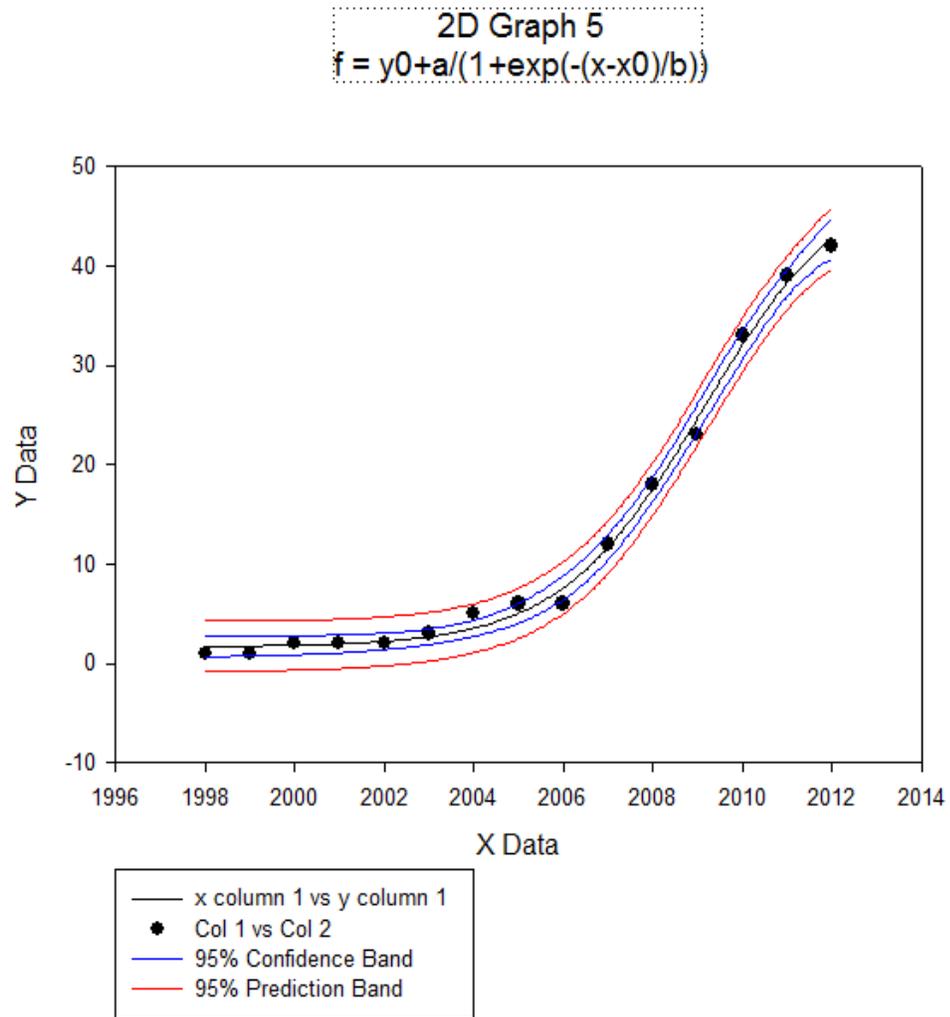
Gráfico 56. Artículos de BSC en el tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Para analizar el comportamiento de la producción científica en el tiempo se tomaron los datos del número de artículos publicados por año y el acumulado anual se ajusta a un modelo sigmoïdal con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Gráfico 57. Modelo Sigmoidal del acumulado de artículos para BSC



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19. Resultados regresión BSC

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9979	0,9959	0,9948	1,0523	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	47,8656	3,1438	15,2254	<0,0001
b	1,5968	0,1546	10,3307	<0,0001
x0	2009,1283	0,2463	8156,0948	<0,0001
y0	1,6700	0,4837	3,4528	0,0054

Fuente: Elaboración Propia

AUTORES:

Se encontraron referencias de 103 autores incluidos en los 42 artículos. Casi todos los autores tienen una sola publicación sobre este tema, excepto por Zhang Y y Sandkuhl K. quienes tienen 2 publicaciones.

PUBLICACIONES:

Se encontraron 29 publicaciones en las que se incluye este tema que contienen los 42 artículos hallados sobre cuadro de mando integral. Las publicaciones en las que más se encuentra este tema y se ha publicado sobre él, más de una vez, están en la tabla 20.

Tabla 20. Publicaciones con artículos sobre BSC

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2009</i>	4
<i>Proceedings - 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2010</i>	3

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>2011 International Conference on Management Science and Industrial Engineering, MSIE 2011</i>	3
<i>Proceeding of 2012 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2012</i>	2
<i>2011 IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM 2011</i>	2
<i>Proceedings - 2010 IEEE 17th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM2010</i>	2
<i>IIE Annual Conference and Exhibition 2004</i>	2
<i>IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings</i>	2
<i>Proceedings of the International Conference on Information Management Proceedings of the International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2008</i>	2

Fuente: Elaboración Propia

CITACIONES:

Para este tema se encontraron 6 artículos con citas. En la tabla 21 se puede ver cuáles son estos artículos y en la 22 cuáles son los autores.

Tabla 21. Artículos con citas sobre BSC

Nombre del artículo	Citas
<i>Towards improved information disclosure on intellectual capital</i>	16
<i>Strategic knowledge management in aerospace industries: A case study</i>	6
<i>Evaluating energy efficiency improvements in manufacturing processes</i>	2
<i>Continuous business engineering: Towards aligned evolution of</i>	1

Nombre del artículo	Citas
<i>business strategy and software architecture</i>	
<i>Evaluation of task pattern use in web-based collaborative engineering</i>	1
<i>Priority of strategic plans in BSC model by using of Group Decision Making Model</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Autores con citaciones sobre BSC

Nombre del autor	Citas
Rylander, A., Jacobsen, K., Roos, G.	16
Jafari, M., Rezaeenour, J., Akhavan, P., Fesharaki, M.N.	6
Bunse, K., Sachs, J., Vodicka, M.	2
Dodangeh, J., Jassbi, J., Mousakhani, M., Anisseh, M., Bt. Mohd. Yusuff, R.	1
Sandkuhl, K., Smirnov, A.	1
Sandkuhl, K., Stirna, J.	1

Fuente: Elaboración Propia

iii. RESULTADOS PARA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA:

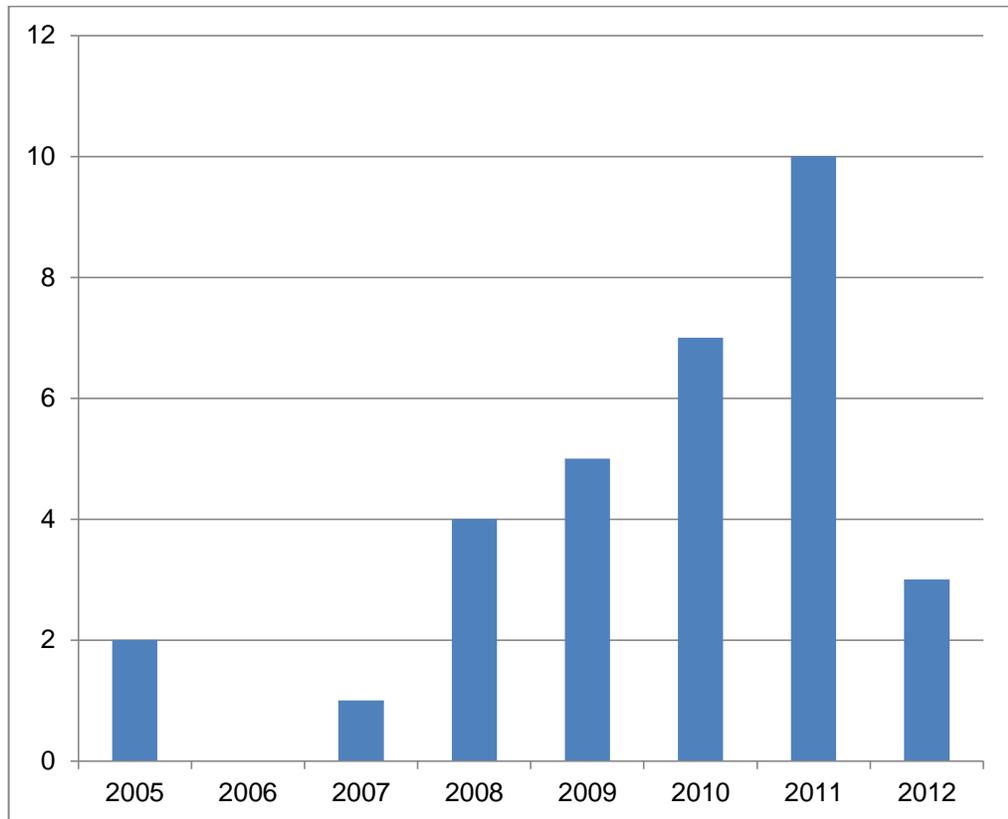
La ecuación de búsqueda que mejor resultado tuvo para este caso fue:

(TITLE-ABS-KEY (corporate W/3 social W/3 responsibility) AND TITLE-ABS-KEY(industrial W/3 engineering))

En la cual se obtuvieron 32 resultados.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL TIEMPO:

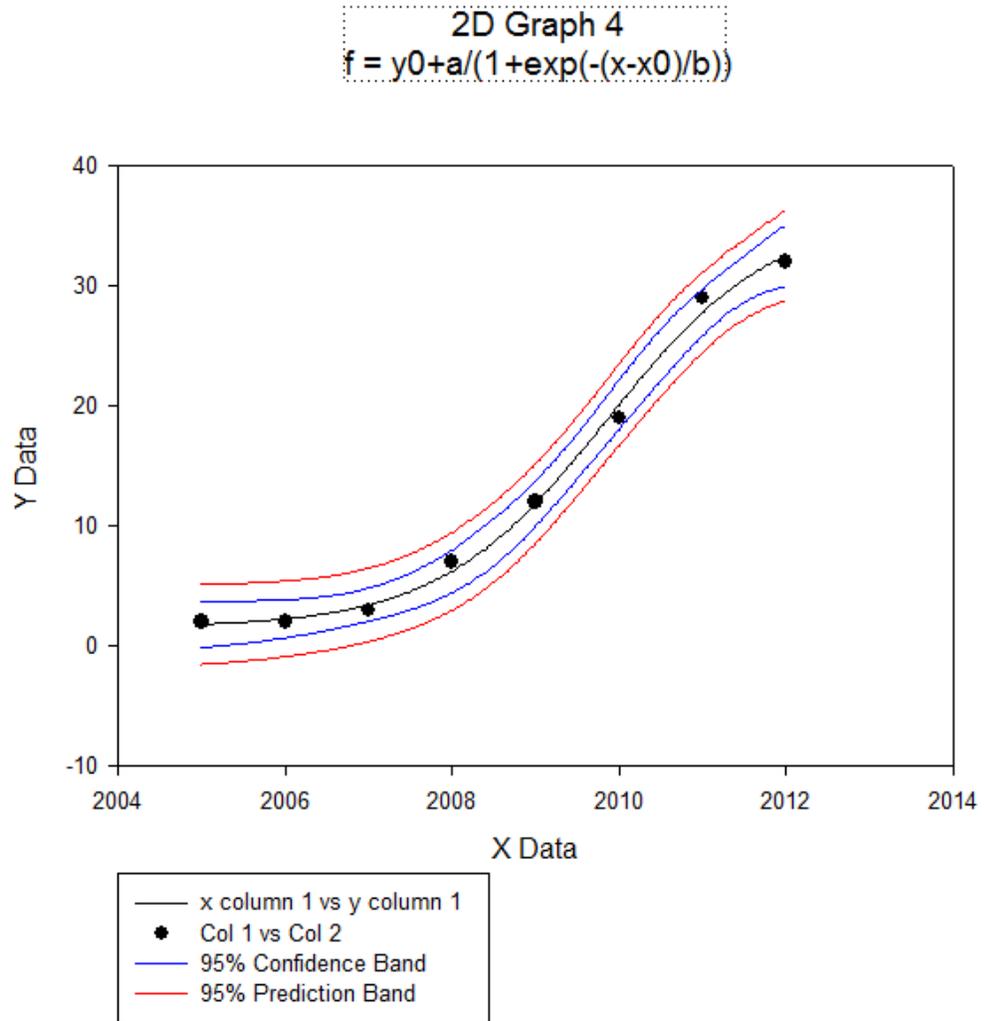
Gráfico 58. Artículos de responsabilidad social empresarial en el tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Para analizar el comportamiento de la producción científica en el tiempo se toman los datos del número de artículos publicados por año y el acumulado anual se ajusta a un modelo sigmoïdal con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Gráfico 59. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para responsabilidad social empresarial



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23. Resultados regresión responsabilidad social empresarial

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9981	0,9963	0,9935	0,9790	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	34,6273	2,9886	11,5864	0,0003
b	1,0018	0,1554	6,4468	0,0030
x0	2009,8599	0,1868	10759,4069	<0,0001
y0	1,5532	0,8332	1,8642	0,1357

Fuente: Elaboración Propia

AUTORES:

Se encontraron referencias de 53 autores en los 32 artículos que hacen referencia a la responsabilidad social empresarial. En general la mayoría de los autores tienen un trabajo publicado en este tema excepto por Hsieh L.-F. y Su C.-P. quienes tienen dos artículos publicados.

PUBLICACIONES:

Se encontraron 20 publicaciones sobre el tema de responsabilidad social ligado al tema de Ingeniería Industrial en las cuales están los 32 artículos encontrados. Las publicaciones en las que más se encuentra este tema y que tienen más de un artículo publicado están en la tabla 24.

Tabla 24. Publicaciones con artículos sobre responsabilidad social empresarial

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>Proceedings - 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2010</i>	5

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>Proceedings - 2011 4th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2011</i>	5
<i>2011 International Conference on Management Science and Industrial Engineering, MSIE 2011</i>	5
<i>2011 IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM 2011</i>	5
<i>APBITM 2011 - Proceedings 2011 IEEE International Summer Conference of Asia Pacific Business Innovation and Technology Management</i>	5
<i>IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	4
<i>40th International Conference on Computers and Industrial Engineering: Soft Computing Techniques for Advanced Manufacturing and Service Systems, CIE40 2010</i>	4
<i>Journal of Cleaner Production</i>	4
<i>Canadian Mining Journal</i>	3
<i>2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2009</i>	3
<i>2009 International Conference on Computers and Industrial Engineering, CIE 2009</i>	3
<i>Forest Policy and Economics</i>	2
<i>IEEM2010 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	2
<i>Proceedings - 2010 IEEE 17th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM2010</i>	2

Fuente: Elaboración Propia

CITACIONES:

Para este tema se encontraron 6 artículos con citas. En la tabla 25 se puede ver cuáles son estos artículos y en la 26 cuáles son los autores.

Tabla 25. Artículos con citas sobre responsabilidad social empresarial

Nombre del artículo	Citas
<i>Righteous oil? Human rights, the oil complex, and corporate social responsibility</i>	36
<i>Organizing corporate social responsibility in international product chains</i>	17
<i>Corporate responsibility reporting by large pulp and paper companies</i>	9
<i>Corporate social responsibility, mining and "audit culture"</i>	5
<i>A framework to enrich the scientific, political and managerial understanding of sustainable development issues for the automotive industry: The GERPISA's 'tradeoffs and synergies' approach</i>	4
<i>On the design of sustainable, green supply chains</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26. Autores con citas sobre responsabilidad social empresarial

Nombre del autor	Citas
Watts, M.J.	36
Cramer, J.M.	17
Mikkilä, M., Toppinen, A.	9
Kemp, D., Owen, J.R., Van De Graaff, S.	5
Jullien, B.	4
Ramudhin, A., Chaabane, A., Paquet, M.	1

Fuente: Elaboración Propia

iv. RESULTADOS PARA METAHEURÍSTICA

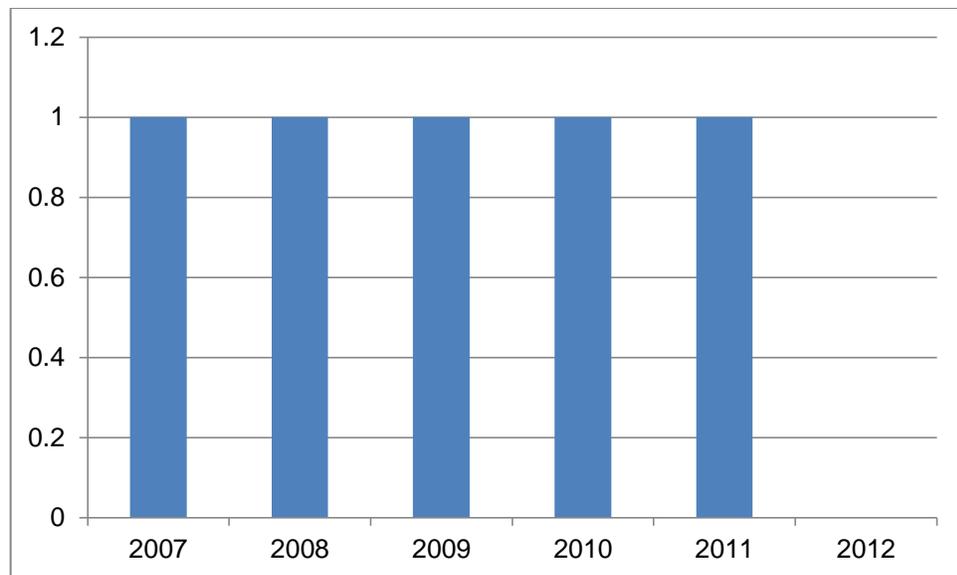
ECUACIÓN DE BÚSQUEDA:

La ecuación de búsqueda que mejor resultado tuvo para este caso fue:
(TITLE-ABS-KEY(meta W/3 heuristic W/3 models) AND TITLE-ABS-KEY(industrial W/3 engineering))

En la cual se obtuvieron 5 resultados.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL TIEMPO:

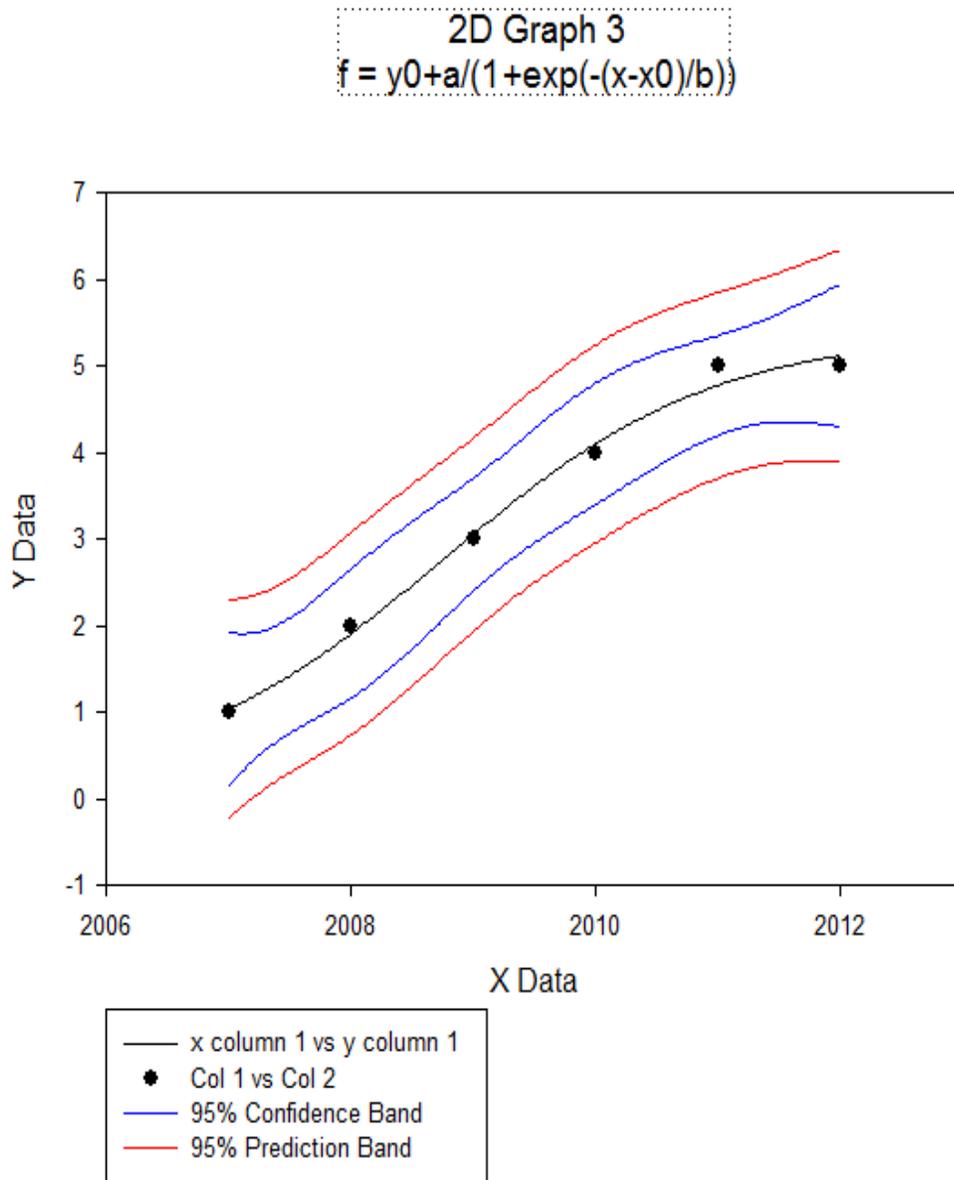
Gráfico 60. Artículos de metaheurística en el tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Para analizar el comportamiento de la producción científica en el tiempo se toman los datos del número de artículos publicados por año y el acumulado anual se ajusta a un modelo sigmoidal con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Gráfico 61. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para metaheurística



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27. Resultados regresión para metaheurística

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9967	0,9934	0,9835	0,2098	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	5,2433	1,3922	3,7663	0,0638
b	1,1089	0,4342	2,5539	0,1252
x0	2008,7542	0,4311	4659,2195	<0,0001
y0	0,1444	1,0402	0,1388	0,9023

Fuente: Elaboración Propia

AUTORES:

Se encontraron referencias de 17 autores en los 5 artículos que hacen referencia a este tema. Cada uno de los autores aparece con un solo artículo publicado. La lista de los autores se puede ver en la tabla 28.

Tabla 28. Lista de autores con artículos sobre metaheurística

Nombre del Autor
Kay M.G.
Gendo I.
Bisono I.N.
Sulaiman S.
Jafari A.
Ismail N.
Esmaeilian G.R.
Hamedi M.

Nombre del Autor
Sunyoto D.
Ahmad M.M.H.M.
Solimanpur M.
Xing X.-Y.
Bucci M.J.
Xiao Y.-Y.
Warsing D.P.
Zhang R.-Q.
Halim S.

Fuente: Elaboración Propia

PUBLICACIONES:

Se encontraron 5 publicaciones sobre el tema de Metaheurística asociada a la Ingeniería Industrial en las cuales están los 5 artículos encontrados. El listado de las publicaciones puede verse en la tabla 29.

Tabla 29. Publicaciones con artículos sobre metaheurística

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>International Journal of Industrial and Systems Engineering</i>	5
<i>IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	4
<i>Proceedings - 2010 IEEE 17th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM2010</i>	3
<i>IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings</i>	3
<i>Computers and Industrial Engineering</i>	2

Fuente: Elaboración Propia

CITACIONES:

Para este tema se encontraron 2 artículos con citas. En la tabla 30 se puede ver cuáles son estos artículos y en la 31 cuáles son los autores.

Tabla 30. Artículos con citas sobre metaheurística

Nombre del artículo	Citas
<i>Optimal solution for the two-dimensional facility layout problem using a branch-and-bound algorithm</i>	11
<i>A tabu search approach for mixed-model parallel assembly line balancing problem (type II)</i>	2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Autores con citas sobre metaheurística

Nombre del autor	Citas
Solimanpur, M., Jafari, A.	11
Esmailian, G.R., Sulaiman, S., Ismail, N., Hamedi, M., Ahmad, M.M.H.M.	2

Fuente: Elaboración Propia

v. RESULTADOS PARA TECNICAS DE OPTIMIZACION:

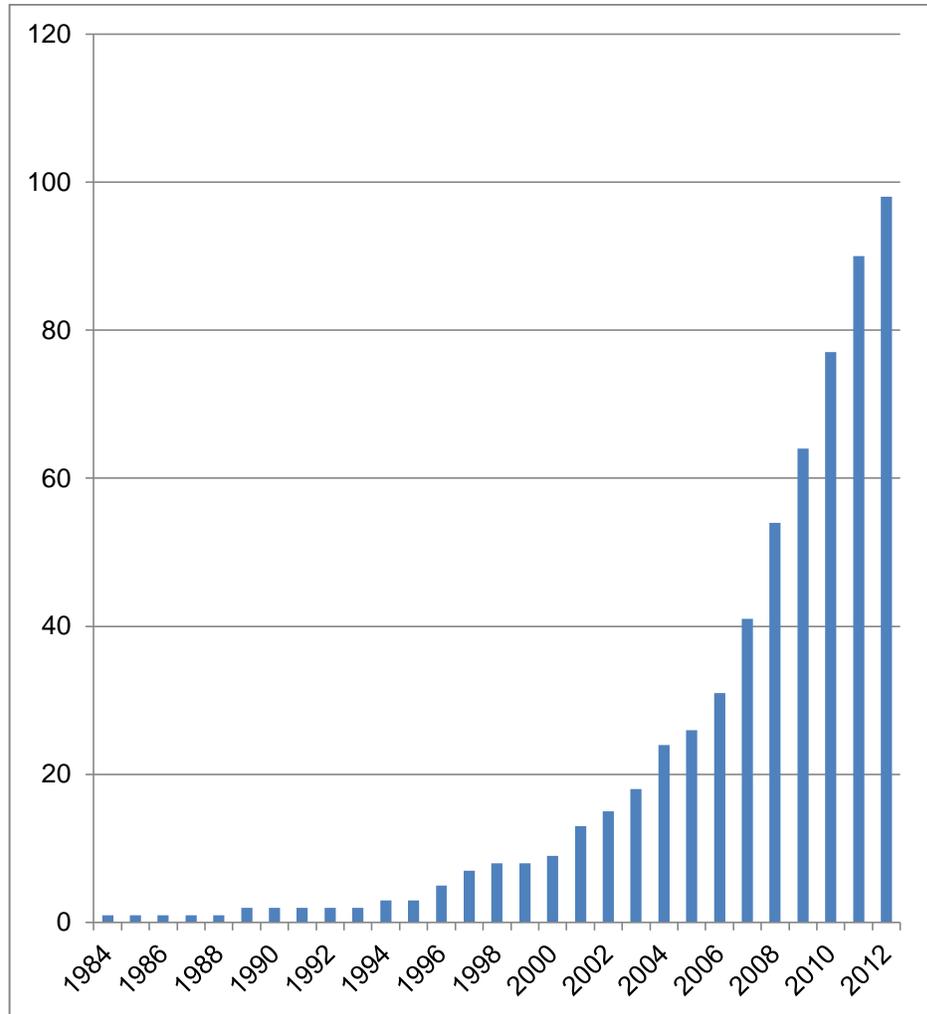
ECUACIÓN DE BÚSQUEDA:

La ecuación de búsqueda que mejor resultado tuvo para este caso fue:
(TITLE-ABS-KEY(production W/3 process W/3 optimization) ANDTITLE-ABS-KEY(industrial W/3 engineering))

En la cual se obtuvieron 99 resultados.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL TIEMPO:

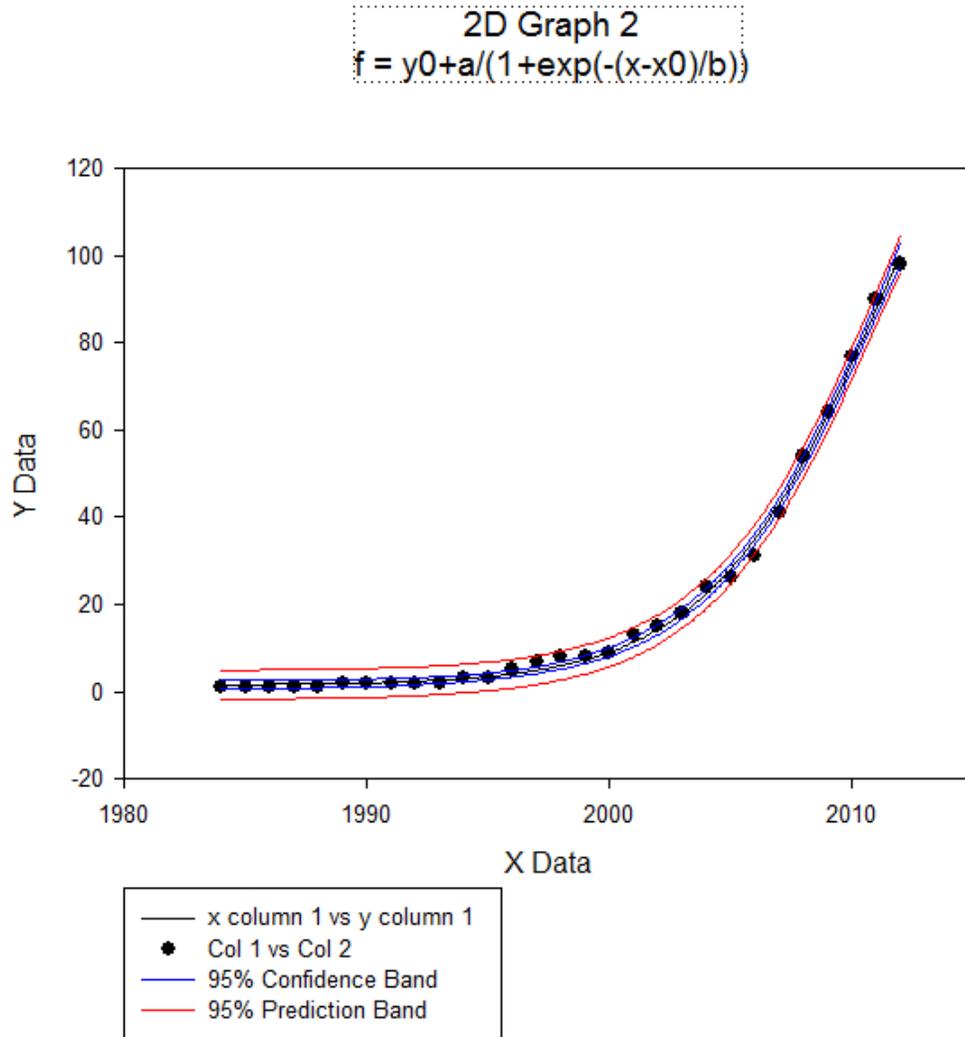
Gráfico 62. Artículos de técnicas de optimización en el tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Para analizar el comportamiento de la producción científica en el tiempo se toman los datos del número de artículos publicados por año y el acumulado anual se ajusta a un modelo sigmoideal con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Gráfico 63. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para técnicas de optimización



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32. Resultados regresión para técnicas de optimización

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9987	0,9974	0,9970	1,5511	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	187,5663	23,2283	8,0749	<0,0001
b	3,6580	0,2230	16,4035	<0,0001
x0	2011,5939	0,8499	2366,8325	<0,0001
y0	1,5185	0,5103	2,9758	0,0064

Fuente: Elaboración Propia

AUTORES:

Se encontraron referencias de 256 autores en los 99 artículos que hacen referencia a este tema. La lista de los autores con mayor número de publicaciones en este tema se puede ver en la tabla 33.

Tabla 33. Lista de autores con artículos sobre técnicas de optimización

Nombre del Autor	# Artículos
Marcos M.	3
Ehrfeld U.	3
Wang G.	3
Ehrfeld W.	3
Li Z.	2

Nombre del Autor	# Artículos
Estevez E.	2
Kim K.-J.	2
Chan K.Y.	2
Orive D.	2
Kwak D.-S.	2
Kwong C.K.	2

Fuente: *Elaboración Propia*

PUBLICACIONES:

Se encontraron 71 publicaciones sobre el tema de Optimización de procesos de producción asociados a la Ingeniería Industrial en las cuales están los 99 artículos encontrados. El listado de las publicaciones con más de un artículo puede verse en la tabla 34.

Tabla 34. Publicaciones con artículos sobre técnicas de optimización.

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>Applied Mechanics and Materials</i>	5
<i>Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)</i>	4
<i>Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering</i>	4
<i>ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb</i>	4
<i>IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings</i>	4
<i>Advanced Materials Research</i>	3
<i>European Journal of Operational Research</i>	2

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>IEEM2010 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	2
<i>Expert Systems with Applications</i>	2
<i>Jisuanji Jicheng Zhizao Xitong/Computer Integrated Manufacturing Systems, CIMS</i>	2
<i>Proceedings - 2010 IEEE 17th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM2010</i>	2
<i>2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2008</i>	2
<i>IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)</i>	2
<i>SAE Technical Papers</i>	2
<i>International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice</i>	2
<i>International Journal of Production Research</i>	2
<i>Journal of Materials Processing Technology</i>	2

Fuente: Elaboración Propia

CITACIONES:

Para este tema se encontraron 42 artículos con citas. En la tabla 35 se pueden ver cuáles son estos artículos y en la 36 cuáles son los autores.

Tabla 35. Artículos con citas sobre técnicas de optimización

Nombre del artículo	Citas
<i>Human chymotrypsinogen B production with Pichia pastoris by integrated development of fermentation and downstream processing. Part 1. Fermentation</i>	45
<i>Effects of inflation and time-value of money on an economic order quantity model with a random product life cycle</i>	37

Nombre del artículo	Citas
<i>A generic energy consumption model for decision making and energy efficiency optimisation in manufacturing</i>	27
<i>Machine criticality measures and subproblem solution procedures in shifting bottleneck methods: A computational study</i>	24
<i>Research of the optimization methods for mass customization (MC)</i>	16
<i>An optimal double sampling \bar{X} control chart</i>	15
<i>Knowledge acquisition for decision support systems on an electronic assembly line</i>	15
<i>Line balancing in a just-in-time production environment: Balancing multiple U-lines</i>	9
<i>Self-organizing migration algorithm applied to machining allocation of clutch assembly</i>	9
<i>Modelling and optimization of fluid dispensing for electronic packaging using neural fuzzy networks and genetic algorithms</i>	8
<i>Superoxide dismutase: An industrial perspective</i>	6
<i>Employing data mining technique to achieve the parameter optimization based on manufacturing intelligence</i>	5
<i>Model-driven approach for designing industrial control systems</i>	5
<i>Graphical modeling of PLC-based industrial control applications</i>	3
<i>Optimizing a batch manufacturing process through interpretable data mining models</i>	3
<i>Relative superiority research on the ironmaking/steelmaking interface of the typical process section</i>	3
<i>Toward robotizing powertrain assembly</i>	3
<i>WIP inventories in the simultaneous determination of optimal production and purchase lot sizes</i>	3
<i>Yield-centric layout optimization with precise quantification of lithographic yield loss</i>	3
<i>A data mining approach considering missing values for the optimization of</i>	2

Nombre del artículo	Citas
<i>semiconductor-manufacturing processes</i>	
<i>Feeding parts with random production speed to an assembly line</i>	2
<i>Investigation of modified heuristic algorithms for simulation-based optimization</i>	2
<i>Management of resources in small and medium-sized production enterprises</i>	2
<i>Model-driven design of industrial control systems</i>	2
<i>Optimizing inspection strategies for multi-stage manufacturing processes using simulation optimization</i>	2
<i>Potentials and procedure for the integrated planning of production technologies in the early phases of product development</i>	2
<i>Progress and profit through micro technologies. Commercial applications of MEMS / MOEMS</i>	2
<i>Reconsidering generalized similarity coefficient via a sequence ratio</i>	2
<i>Value-chain-oriented service development by means of a 'two-channel service model'</i>	2
<i>A model of simulation environment for prediction and optimisation of production processes</i>	1
<i>Analysis: Delivering compliance and agility</i>	1
<i>Application of concurrent engineering in manufacturing industry</i>	1
<i>Application research of shortening delivery time through value stream mapping analysis</i>	1
<i>Buffer location and sizing to optimize cost and quality in semi-continuous manufacturing processes: Methodology and application</i>	1
<i>Decision and control of Markovian jump systems in manufacturing process</i>	1
<i>Implementing non-linear strategies for PID in IEC 61131-3 ST language</i>	1
<i>Integrating data mining to a process design using the robust bayesian approach</i>	1
<i>Multistage PRIM: Patient rule induction method for optimisation of a multistage manufacturing process</i>	1

Nombre del artículo	Citas
<i>Process simulation and debottlenecking for an industrial cocoa manufacturing process</i>	1
<i>Progress and profit through micro technologies. Commercial applications of MEMS/MOEMS</i>	1
<i>Resource modeling to support manufacturing process optimization under uncertain environment</i>	1
<i>Solving production reconfiguration based on constraint satisfaction</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36. Autores con citas sobre técnicas de optimización

Nombre del autor	Citas
Curvers, S., Brixius, P., Klauser, T., Thömmes, J., Weuster-Botz, D., Takors, R., Wandrey, C.	45
Moon, I., Lee, S.	37
Dietmair, A., Verl, A.	27
Holtsclaw, H.H., Uzsoy, R.	24
Gu, X.J., Qi, G.N., Yang, Z.X., Zheng, G.J.	16
Gebus, S., Leiviskä, K.	15
Irianto, D., Shinozaki, N.	15
Chiang, W.-C., Kouvelis, P., Urban, T.	9
dos Santos Coelho, L.	9
Chan, K.Y., Kwong, C.K., Tsim, Y.C.	8
Bafana, A., Dutt, S., Kumar, S., Ahuja, P.S.	6
Estevez, E., Marcos, M.	5
Hsieh, K.-L.	5
Estevez, E., Marcos, M., Iriondo, N., Orive, D.	3

Nombre del autor	Citas
Gravel, D., Maslar, F., Zhang, G., Nidamarthi, S., Chen, H., Fuhlbrigge, T.	3
Hong, J.-D., Hayya, J.C.	3
Kobayashi, S., Kyoh, S., Kinoshita, K., Urakawa, Y., Morifuji, E., Kuramoto, S., Inoue, S.	3
Last, M., Danon, G., Biderman, S., Miron, E.	3
Qiu, J., Tian, N.	3
Debevec, M., Herakovic, N.	2
Ehrfeld, W., Ehrfeld, U.	2
Eversheim, W., Klocke, F., Schmitz, W., Brandenburg, F., Winands, N.	2
Golenko-Ginzburg, D., Sinuany-Stern, Z., Friedman, L.	2
Klemmt, A., Horn, S., Beier, E., Weigert, G.	2
Kwak, D.-S., Kim, K.-J.	2
Marcos, M., Estevez, E.	2
Panshef, V., Dörsam, E., Sakao, T., Birkhofer, H.	2
Sarhangian, V., Vaghefi, A., Eskandari, H., Ardakani, M.K.	2
Yin, Y., Yasuda, K.	2
Alleman, M.	1
Alshekhli, O., Foo, D.C.Y., Hii, C.L., Law, C.L.	1
Drstvensek, I., Ficko, M., Pahole, I., Balic, J.	1
Ehrfeld, W., Ehrfeld, U.	1
Iriondo, N., Marcos, M., Estévez, E., Orive, D.	1
Jeong, H., Song, S., Shin, S., Rae Cho, B.	1
Kwak, D.-S., Kim, K.-J., Lee, M.-S.	1
Lu, M., Sun, X.-D., Wang, G.	1
Pan, G.-Q., Feng, D.-Z., Jiang, M.-X.	1

Nombre del autor	Citas
Pullan, T.T., Bhasi, M., Madhu, G.	1
Rajaram, K., Tian, Z.	1
Wang, L., Zhu, J., Xi, H., Zhang, Z.	1
Zhang, L.L., Xu, Q.	1

Fuente: Elaboración Propia

vi. RESULTADOS PARA PRINCIPIOS EVOLUTIVOS (ALGORITMOS GENÉTICOS, ESTRATEGIAS EVOLUTIVAS) PARA TÉCNICAS PODEROSAS DE OPTIMIZACIÓN

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA:

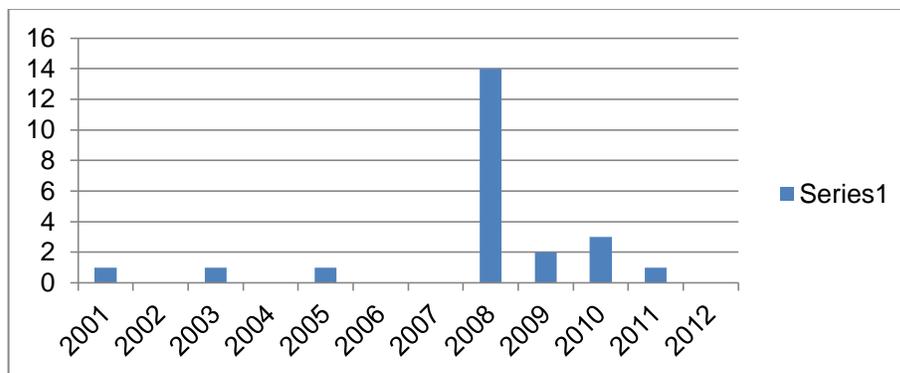
La ecuación de búsqueda que mejor resultado tuvo para este caso fue:

(TITLE-ABS-KEY(genetic W/3 algorithms) AND TITLE-ABS-KEY(optimization W/3 techniques) AND TITLE-ABS-KEY(industrial W/3 engineering)) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA, "ENGI"))

En la cual se obtuvieron 23 resultados.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL TIEMPO:

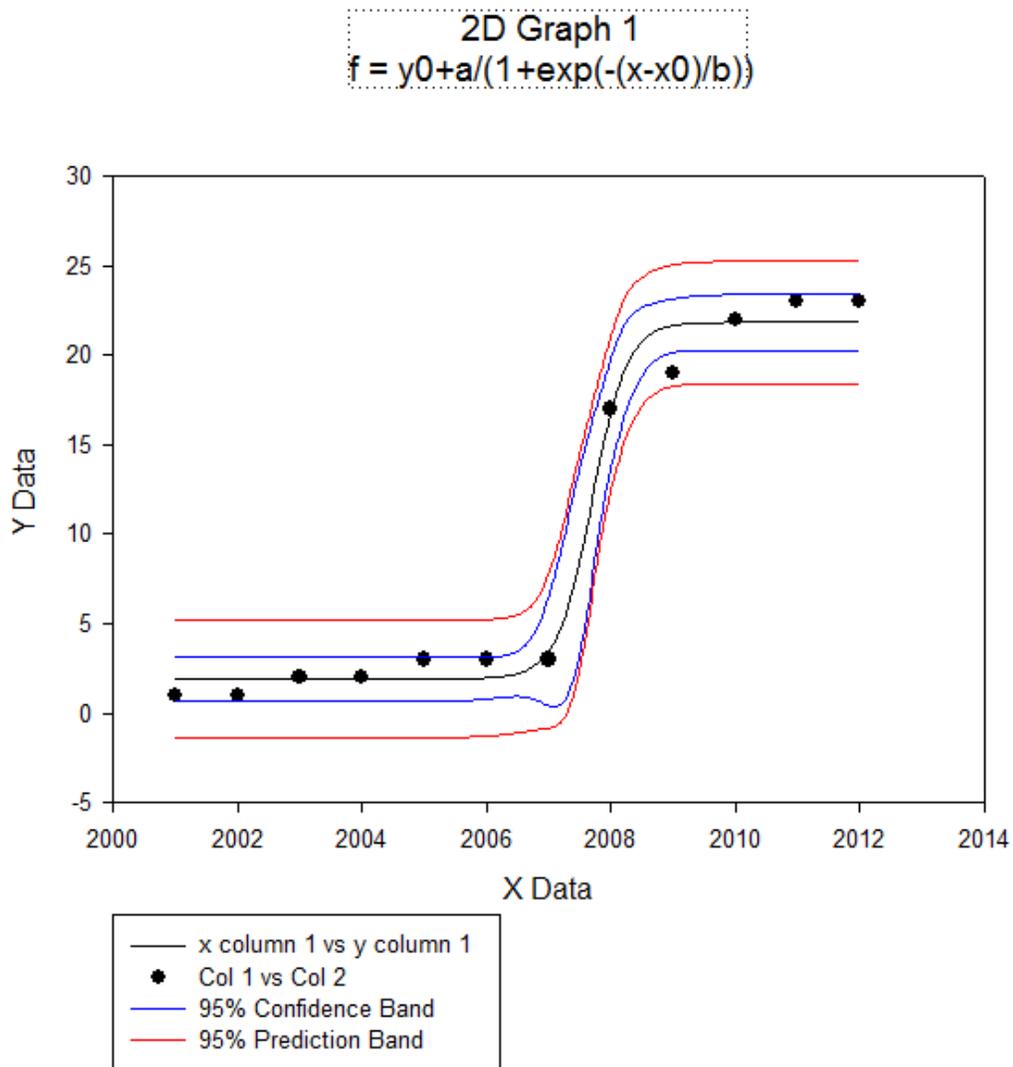
Gráfico 64. Artículos de principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización en el tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Para analizar el comportamiento de la producción científica en el tiempo se toman los datos del número de artículos publicados por año y el acumulado anual se ajusta a un modelo sigmoïdal con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Gráfico 65. Modelo sigmoïdal del acumulado de artículos para principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37. Resultados regresión para principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9933	0,9867	0,9818	1,3192	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	19,9184	0,8776	22,6974	<0,0001
b	0,2806	0,0841	3,3353	0,0103
x0	2007,7030	0,1144	17554,0278	<0,0001
y0	1,9323	0,5438	3,5531	0,0075

Fuente: Elaboración Propia

AUTORES:

Se encontraron referencias de 64 autores en los 23 artículos que hacen referencia a este tema. Casi todos los autores cuentan con una publicación en este tema, solamente Shojaei E. cuenta con 2. Algunos de los autores que han publicado se pueden ver en la tabla 38.

Tabla 38. Lista de autores con artículos sobre principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización

Nombre del Autor
Shojaei E.
Liu W.
Metwalli S.M.
Singh P.K.
Yu J.

Nombre del Autor
Deb S.K.
Yang H.
Xhafa F.
Zhao X.
Kubo S.
Wang J.

Fuente: Elaboración Propia

PUBLICACIONES:

Se encontraron 18 publicaciones sobre el tema de algoritmos genéticos asociados a la Ingeniería Industrial en las cuales están los 23 artículos encontrados. El listado de las publicaciones ordenadas por número de artículos publicados puede verse en la tabla 39.

Tabla 39. Publicaciones con artículos sobre principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>2007 Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, DETC2007</i>	4
<i>International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice</i>	2
<i>2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2008</i>	2
<i>Proceedings - 7th Computer Information Systems and Industrial Management Applications, CISIM 2008</i>	1
<i>Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture</i>	1

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>Proceedings of the 27th Chinese Control Conference, CCC</i>	1
<i>IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	1
<i>IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems</i>	1
<i>Computers and Industrial Engineering</i>	1
<i>Proceedings - 8th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, ISDA 2008</i>	1
<i>International Journal of Production Research</i>	1
<i>Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference</i>	1
<i>Lecture Notes in Electrical Engineering</i>	1
<i>Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)</i>	1
<i>Production Planning and Control</i>	1
<i>Proceedings - 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2010</i>	1
<i>Strojarstvo</i>	1
<i>Materials and Manufacturing Processes</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

CITACIONES:

Para este tema se encontraron 11 artículos con citas. En la tabla 40 se puede ver cuáles son estos artículos y en la 41 cuáles son los autores.

Tabla 40. Artículos con citas sobre principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización

Nombre del artículo	Citas
<i>Comparative evaluation of genetic algorithms for job-shop scheduling</i>	27
<i>Multiple-objective genetic optimization of the spatial design for packing and distribution carton boxes</i>	7
<i>Optimal tolerance design of mechanical assemblies for economical manufacturing in the presence of alternative machines - A genetic algorithm-based hybrid methodology</i>	4
<i>Simulation optimisation of pull control policies for serial manufacturing lines and assembly manufacturing systems using genetic algorithms</i>	3
<i>A study of optimizing the performance of genetic algorithms using design-of-experiments in job-shop scheduling application</i>	2
<i>Facility layout and material handling system selection planning using hybrid methodology</i>	2
<i>Intelligent process planning for competitive engineering</i>	2
<i>Tuning struggle strategy in genetic algorithms for scheduling in computational grids</i>	2
<i>Applications of evolutionary technology to manufacturing and logistics systems : State-of-the art survey</i>	1
<i>Manufacturing process simulation for product design chain optimization</i>	1
<i>Uniform parallel machines scheduling using a genetic algorithm</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41. Autores con citas sobre principios evolutivos para técnicas poderosas de optimización

Nombre del autor	Citas
Ponnambalam, S.G., Aravindan, P., Sreenivasa Rao, P.	27
Leung, S.Y.S., Wong, W.K., Mok, P.Y.	7
Singh, P.K., Jain, P.K., Jain, S.C.	4
Koulouriotis, D.E., Xanthopoulos, A.S., Tourassis, V.D.	3
Deb, S.K., Bhattacharyya, B., Sorhkel, S.K.	2
Gečevska, V., Čuš, F.	2
Ghrayeb, O., Phojanamongkolkij, N.	2
Xhafa, F., Duran, B., Abraham, A., Dahal, K.P.	2
Gen, M., Lin, L.	1
Gramegna, N., Corte, E.D., Poles, S.	1
Mihăilă, A., Mihăilă, C.	1

Fuente: Elaboración Propia

vii. RESULTADOS PARA GESTION DE LA I+D

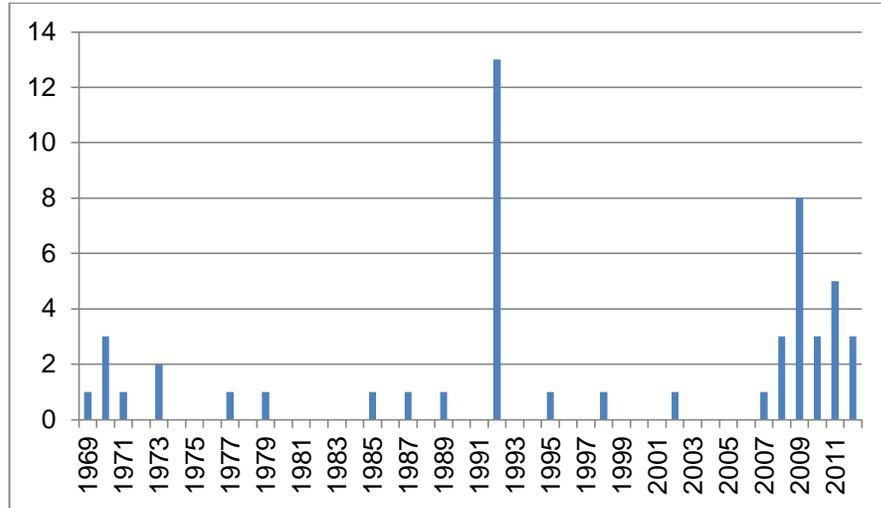
ECUACIÓN DE BÚSQUEDA:

La ecuación de búsqueda que mejor resultado tuvo para este caso fue:
 (TITLE-ABS-KEY(r&d W/3 management) AND TITLE-ABS-KEY(industrial W/3 engineering)) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA, "ENGI"))

En la cual se obtuvieron 51 resultados.

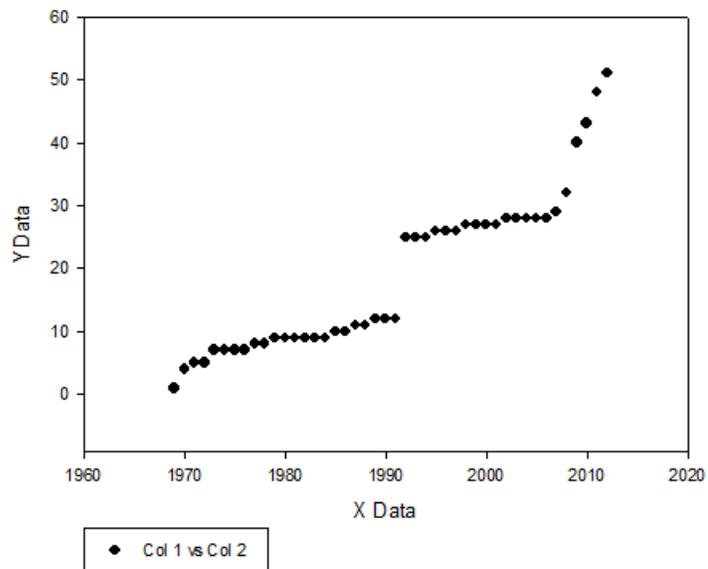
DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL TIEMPO:

Gráfico 66. Artículos de gestión de la I+D en el tiempo



Fuente: Elaboración Propia

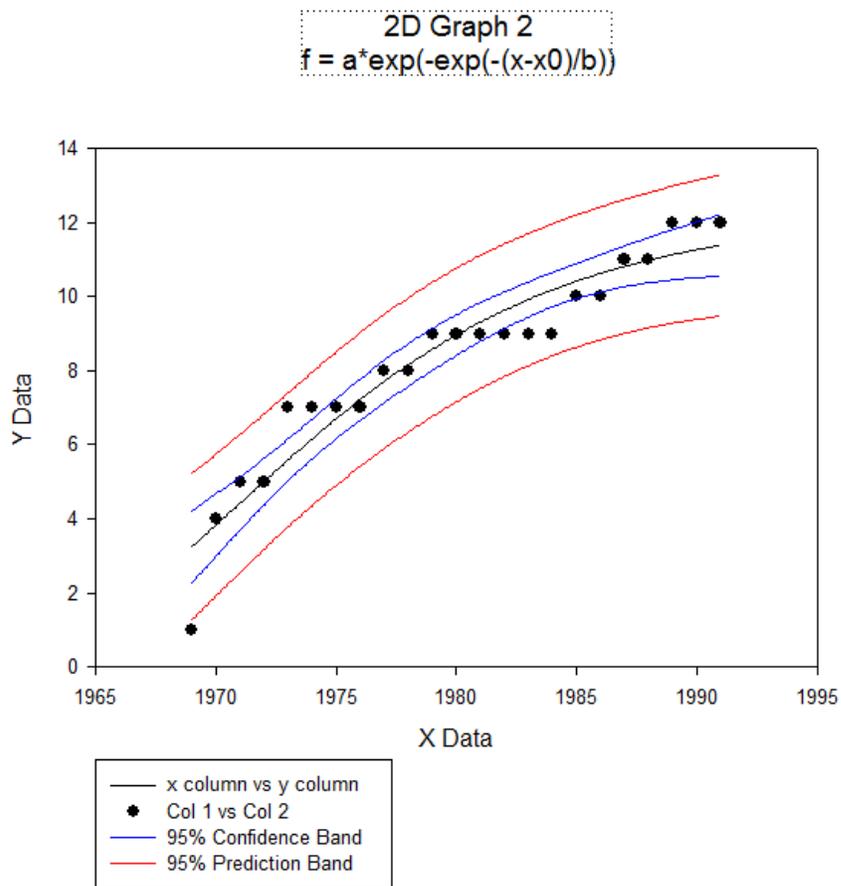
Gráfico 67. Acumulado producción científica en gestión de I+D



Fuente: Elaboración Propia

Para analizar el comportamiento de la producción científica en el tiempo se tomaseon los datos del número de artículos publicados por año y el acumulado anual se ajusta a un modelo sigmoidal, sin embargo en este caso se encontró que existen dos comportamientos diferentes, uno entre 1969 y 1991 para el cual se obtuvo un mejor ajuste en el modelo sigmoidal de gompertz, y otro a partir de 1992 año en el que se presenta una ruptura en la tendencia como puede verse en la gráfica del acumulado de la producción científica y para este caso el modelo sigmoidal vuelve a ser el modelo que mejor describe el comportamiento. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Gráfico 68. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para gestión de la I+D hasta 1991



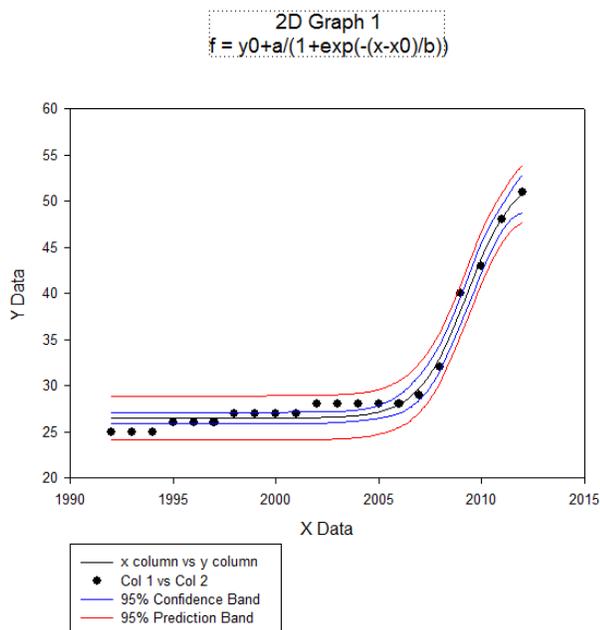
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42. Resultados regresión para gestión de la I+D hasta 1991

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9579	0,9176	0,9093	0,8243	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	12,2560	0,9132	13,4206	<0,0001
b	7,6140	1,6721	4,5535	0,0002
x0	1971,1556	0,6862	2872,3636	<0,0001

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 69. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para gestión de la I+D desde 1992



Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 43. Resultados regresión para gestión de la I+D desde 1992

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9915	0,9830	0,9800	1,0984	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	26,6737	2,2162	12,0360	<0,0001
b	1,1677	0,1811	6,4497	<0,0001
x0	2009,2879	0,2730	7360,8130	<0,0001
y0	26,4974	0,3062	86,5497	<0,0001

Fuente: Elaboración Propia

AUTORES:

Se encontraron referencias de 94 autores en los 51 artículos que hacen referencia a este tema. Todos los autores tienen un solo artículo sobre este tema, en la tabla 43 pueden verse algunos de los autores encontrados.

Tabla 44. Lista de autores con artículos sobre gestión de la I+D

Nombre del Autor
Ross Bradley N.
Tao Y.
Moran David D.
Jiang L.
Min L.
Li J.

Nombre del Autor
Nakahara Tsuneo
Plaza I.
Lockett A.Geoff
Qin X.
Sohn S.Y.

Fuente: Elaboración Propia

PUBLICACIONES:

Se encontraron 22 publicaciones sobre el tema de gestión de la I+D asociados a la Ingeniería Industrial en las cuales están los 51 artículos encontrados. El listado de las publicaciones con más de un artículo puede verse en la tabla 45.

Tabla 45. Publicaciones con artículos sobre gestión de la I+D

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>IEEE Transactions on Engineering Management</i>	7
<i>2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2009</i>	3
<i>IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	3
<i>Proceeding of 2012 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2012</i>	2
<i>2011 International Conference on Management Science and Industrial Engineering, MSIE 2011</i>	2
<i>Proceedings - 2011 4th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2011</i>	2
<i>IE and EM 2009 - Proceedings 2009 IEEE 16th International</i>	2

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	
<i>Res Manage</i>	2

Fuente: Elaboración Propia

CITACIONES:

Para este tema se encontraron 7 artículos con citas. En la tabla 46 se puede ver cuáles son estos artículos y en la 47 cuáles son los autores.

Tabla 46. Artículos con citas sobre gestión de la I+D

Nombre del artículo	Citas
<i>Technology management: a process approach</i>	54
<i>Evaluating R&D performance. Keep it simple</i>	8
<i>R&d management and organizational coupling.</i>	7
<i>Dynamic model of some multistage aspects of research and development portfolios.</i>	4
<i>Strategic planning for investment in r&d using decision analysis and mathematical programming.</i>	4
<i>How R&D helped transform DSM</i>	2
<i>Performance index and productivity analysis for national R&D funding in Science and Technology</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47. Autores con citas sobre gestión de la I+D

Nombre del autor	Citas
Gregory, M.J.	54
GALLOWAY EC	8
Levinson, Nanette S., Moran, David D.	7
Gear, Anthony E., Lockett, A.Geoff	4
Madey, Gregory R., Dean, Burton V.	4
Van Rooij, A.	2
Sohn, S.Y., Choi, J.Y.	1

Fuente: Elaboración Propia

viii. RESULTADOS PARA INVESTIGACIÓN DE MERCADOS

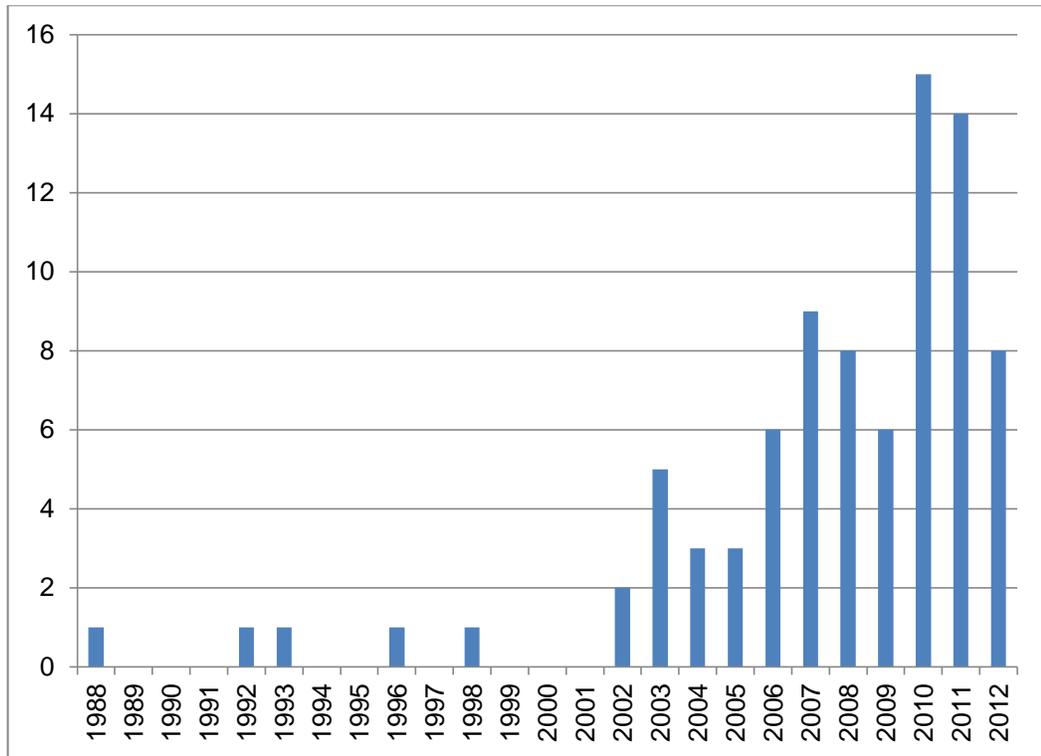
ECUACIÓN DE BÚSQUEDA:

La ecuación de búsqueda que mejor resultado tuvo para este caso fue:
 (TITLE-ABS-KEY(market W/3 research) AND TITLE-ABS-KEY("industrial engineering"))

En la cual se obtuvieron 85 resultados.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL TIEMPO:

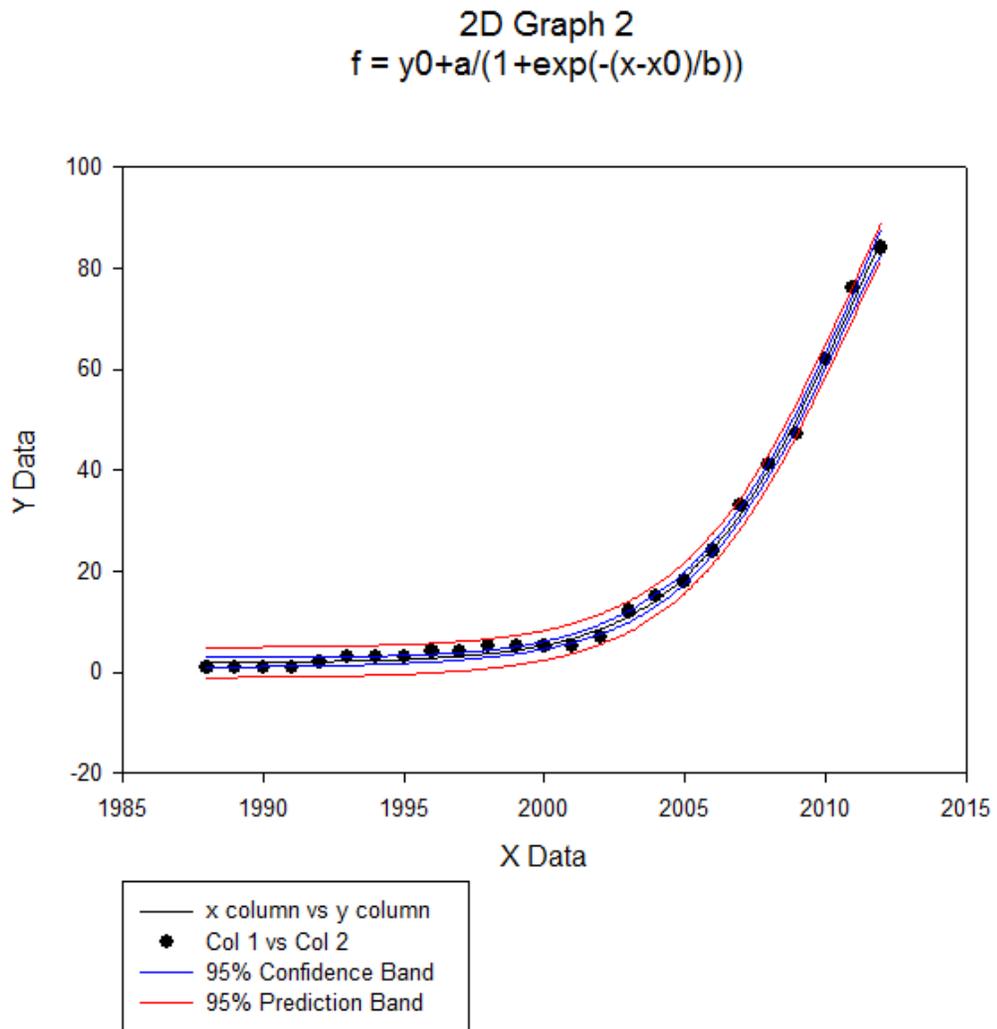
Gráfico 70. Artículos de investigación de mercados en el tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Para analizar el comportamiento de la producción científica en el tiempo se toman los datos del número de artículos publicados por año y el acumulado anual se ajusta a un modelo sigmoideal con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Gráfico 71. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para investigación de mercados



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48. Resultados regresión para investigación de mercados

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9987	0,9973	0,9969	1,3640	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	141,7587	15,4033	9,2031	<0,0001
b	2,9631	0,1920	15,4363	<0,0001
x0	2010,9405	0,6334	3174,6642	<0,0001
y0	1,8620	0,4657	3,9984	0,0007

Fuente: Elaboración Propia

AUTORES:

Se encontraron referencias de 160 autores en los 85 artículos que hacen referencia a este tema. Todos los autores tienen un solo artículo sobre este tema excepto por Pirc A. y Lu X. quienes tienen dos. En la tabla 49 pueden verse algunos de los autores encontrados.

Tabla 49. Lista de autores con artículos sobre investigación de mercados

Nombre del Autor	# Artículos
Pirc A.	2
Lu X.	2
Zhao J.	1
Moro M.	1
Liu H.	1
Wang Y.	1

Nombre del Autor	# Artículos
Grladinović T.	1
Xie M.	1
Campbell C.	1
Yang S.	1
Liou D.Y.	1

Fuente: Elaboración Propia

PUBLICACIONES:

Se encontraron 53 publicaciones sobre el tema de investigación de mercados asociados a la Ingeniería Industrial en las cuales están los 85 artículos encontrados. El listado de las publicaciones con más de un artículo puede verse en la tabla 50.

Tabla 50. Publicaciones con artículos sobre investigación de mercados

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>Proceedings - 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2010</i>	9
<i>Proceeding of 2012 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2012</i>	6
<i>2011 International Conference on Management Science and Industrial Engineering, MSIE 2011</i>	5
<i>IE and EM 2009 - Proceedings 2009 IEEE 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	4
<i>Proceedings - 2011 4th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2011</i>	3
<i>IEEM2010 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	2

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>40th International Conference on Computers and Industrial Engineering: Soft Computing Techniques for Advanced Manufacturing and Service Systems, CIE40 2010</i>	2
<i>2006 7th International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, CAIDC</i>	2
<i>Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE</i>	2
<i>2007 Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, DETC2007</i>	2
<i>2011 IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM 2011</i>	2
<i>Applied Mechanics and Materials</i>	2
<i>Engineering, Pulping and Environmental Conference 2007, TAPPI</i>	2
<i>IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings</i>	2

Fuente: Elaboración Propia

CITACIONES:

Para este tema se encontraron 12 artículos con citas. En la tabla 51 se puede ver cuáles son estos artículos y en la 52 cuáles son los autores.

Tabla 51. Artículos con citas sobre investigación de mercados

Nombre del artículo	Citas
<i>Protecting new ideas and inventions in nanomedicine with patents</i>	34
<i>Manufacturability analysis system: Issues and future trends</i>	11
<i>The split keyboard: An ergonomics success story</i>	7
<i>Cutting edge preparation by means of abrasive brushing</i>	6

Nombre del artículo	Citas
<i>Environmental impacts of rapid prototyping: An overview of research to date</i>	5
<i>Parallelism in information production. Moral hazard and relative performance evaluations</i>	5
<i>Technology transfer in Taiwan's information industry: The lessons</i>	2
<i>Lean manufacturing in the US South Atlantic Region: An overview of the current state of implementation in the secondary wood industry</i>	1
<i>Discrete GM(1,1) model and its application for forecasting of real estate prices</i>	1
<i>A game-theoretic approach to finding market equilibria for automotive design under environmental regulation</i>	1
<i>Motivation factors analysis in industrial plants</i>	1
<i>A simulation tool for evolvable assembly system</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52. Autores con citaciones sobre gestión de la I+D

Nombre del autor	Citas
Bawa, R., Bawa, S.R., Maebius, S.B., Flynn, T., Wei, C.	34
Shukor, S.A., Axinte, D.A.	11
Rempel, D.	7
Denkena, B., De León, L., Bassett, E., Rehe, M.	6
Drizo, A., Pegna, J.	5
Bogetoft, Peter	5
Yu, H.-Y., Yeh, K.S.	2
Velarde, G.J., Pirraglia, A., Van Dyk, H., Saloni, D.E.	1
Fei, Z.-H., Jiang, Z.-Y., He, Z.-F.	1
Shiau, C.-S., Michalek, J.	1

Nombre del autor	Citas
Jelačić, D., Grladinović, T., Pirc, A., Oblak, L.	1
Travaini, E., Valdata, A., Sacco, M., Avai, A., Pedrazzoli, P.	1

Fuente: Elaboración Propia

ix. RESULTADOS PARA PLANEACIÓN POR ESCENARIOS

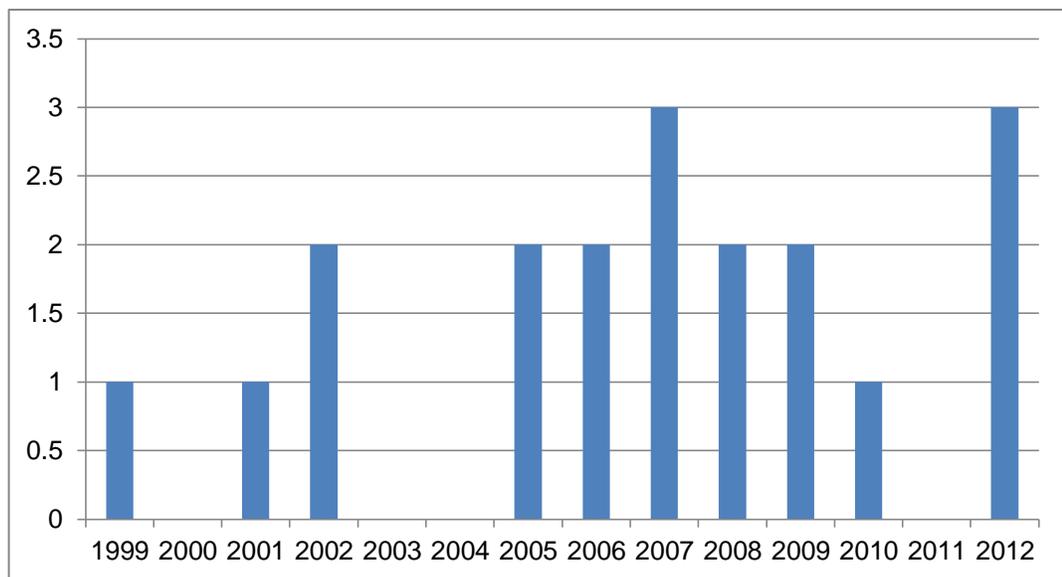
ECUACIÓN DE BÚSQUEDA:

La ecuación de búsqueda que mejor resultado tuvo para este caso fue:
 (TITLE-ABS-KEY(scenario W/3 planning) AND TITLE-ABS-KEY(industrial W/3 engineering))

En la cual se obtuvieron 19 resultados.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL TIEMPO:

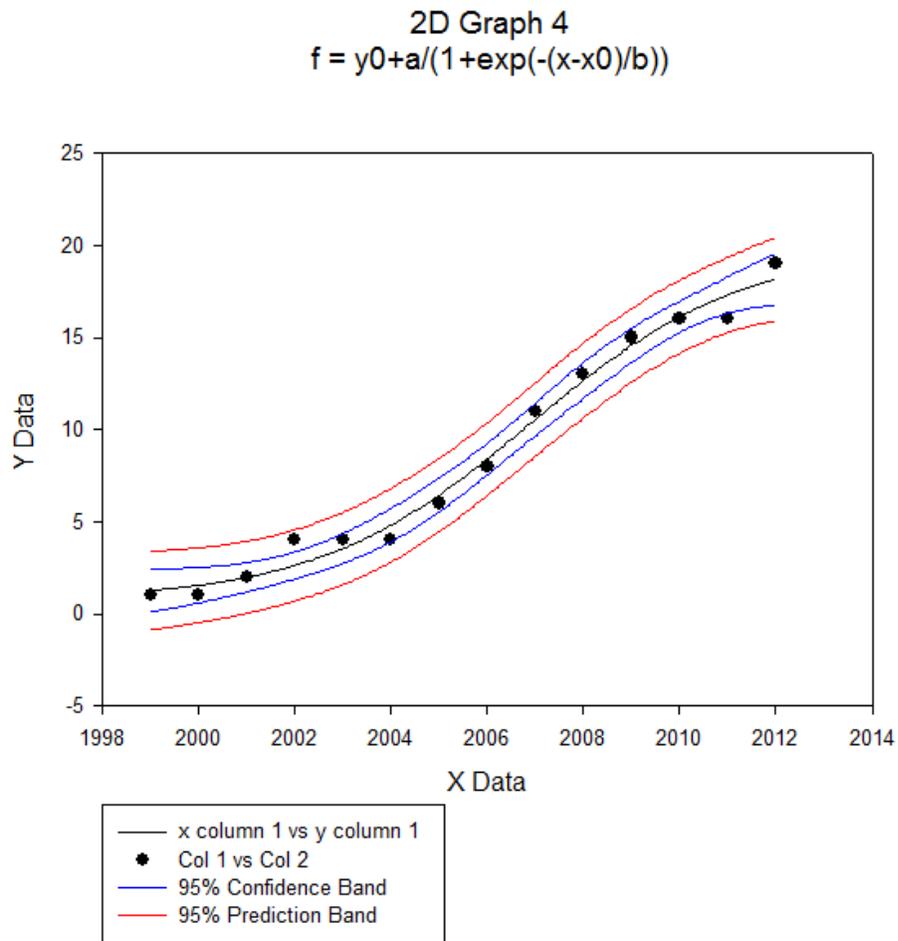
Gráfico 72. Artículos de planeación por escenarios en el tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Para analizar el comportamiento de la producción científica en el tiempo se toman los datos del número de artículos publicados por año y el acumulado anual se ajusta a un modelo sigmoïdal con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Gráfico 73. Modelo sigmoïdal del acumulado de artículos para planeación por escenarios



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 53. Resultados regresión para planeación por escenarios

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9937	0,9875	0,9837	0,8015	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	19,1472	2,1891	8,7466	<0,0001
b	2,2102	0,4372	5,0558	0,0005
x0	2006,8917	0,4219	4757,0257	<0,0001
y0	0,7394	0,8302	0,8906	0,3940

Fuente: Elaboración Propia

AUTORES:

Se encontraron referencias de 51 autores en los 19 artículos que hacen referencia a este tema. Todos los autores tienen un solo artículo sobre este tema. En la tabla 54 pueden verse algunos de los autores encontrados.

Tabla 54. Lista de autores con artículos sobre planeación por escenarios

Nombre del Autor
Boring R.L.
Swaminathan J.M.
Damodaran P.
Edwards D.J.
Liang J.S.
Thorpe T.

Nombre del Autor
Haraldsdottir A.
Hepperle C.
Kukkonen J.
Lachner F.
Riaz Z.

Fuente: Elaboración Propia

PUBLICACIONES:

Se encontraron 19 publicaciones sobre el tema de investigación de mercados asociados a la Ingeniería Industrial en las cuales están los 19 artículos encontrados. Cada publicación tiene un artículo asociado como puede verse en la tabla 55.

Tabla 55. Publicaciones con artículos sobre planeación por escenarios

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2008</i>	1
<i>2009 International Conference on Computers and Industrial Engineering, CIE 2009</i>	1
<i>2012 18th International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE 2012 - Conference Proceedings</i>	1
<i>2012 Proceedings of Portland International Center for Management of Engineering and Technology: Technology Management for Emerging Technologies, PICMET'12</i>	1
<i>5th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, ICMIT2010</i>	1
<i>AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference - Proceedings</i>	1
<i>Atmospheric Environment</i>	1

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>Computers and Chemical Engineering</i>	1
<i>IEEE Conference on Human Factors and Power Plants</i>	1
<i>IEEE-International Conference on Advances in Engineering, Science and Management, ICAESM-2012</i>	1
<i>IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings</i>	1
<i>IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)</i>	1
<i>International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice</i>	1
<i>IT Professional</i>	1
<i>Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers</i>	1
<i>Naval Research Logistics</i>	1
<i>Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping: Virtual and Rapid Manufacturing Advanced Research Virtual and Rapid Prototyping</i>	1
<i>Pulp and Paper Canada</i>	1
<i>TAPPI Journal</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

CITACIONES:

Para este tema se encontraron 9 artículos con citas. En la tabla 56 se puede ver cuáles son estos artículos y en la 57 cuáles son los autores.

Tabla 56. Artículos con citas sobre planeación por escenarios

Nombre del artículo	Citas
<i>Scheduling maintenance and semiresumable jobs on a single machine</i>	79
<i>A model for evaluating the population exposure to ambient air pollution in an urban area</i>	52
<i>Tool procurement planning for wafer fabrication facilities: A scenario-based approach</i>	30
<i>Heuristic batch sequencing on a multiproduct oil distribution system</i>	8
<i>A continuous simulation model for snow removal</i>	2
<i>Integrated resource planning for diverse workforces</i>	2
<i>Managing uncertainty</i>	2
<i>Cognitive virtualization: Combining cognitive models and virtual environments</i>	1
<i>Scenario management: From reactivity to proactivity</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57. Autores con citas sobre planeación por escenarios

Nombre del autor	Citas
Graves, G.H., Lee, C.-Y.	79
Kousa, A., Kukkonen, J., Karppinen, A., Aarnio, P., Koskentalo, T.	52
Swaminathan, J.M.	30
Relvas, S., Barbosa-Póvoa, A.P.F.D., Matos, H.A.	8
Damodaran, P., Krishnamurthi, M.	2
Kern, M., Shakya, S., Owusu, G.	2

Procter, A.R.	2
Desouza, K.C.	1
Tran, T.Q., Gertman, D.I., Dudenhoeffer, D.D., Boring, R.L., Mecham, A.R.	1

Fuente: Elaboración Propia

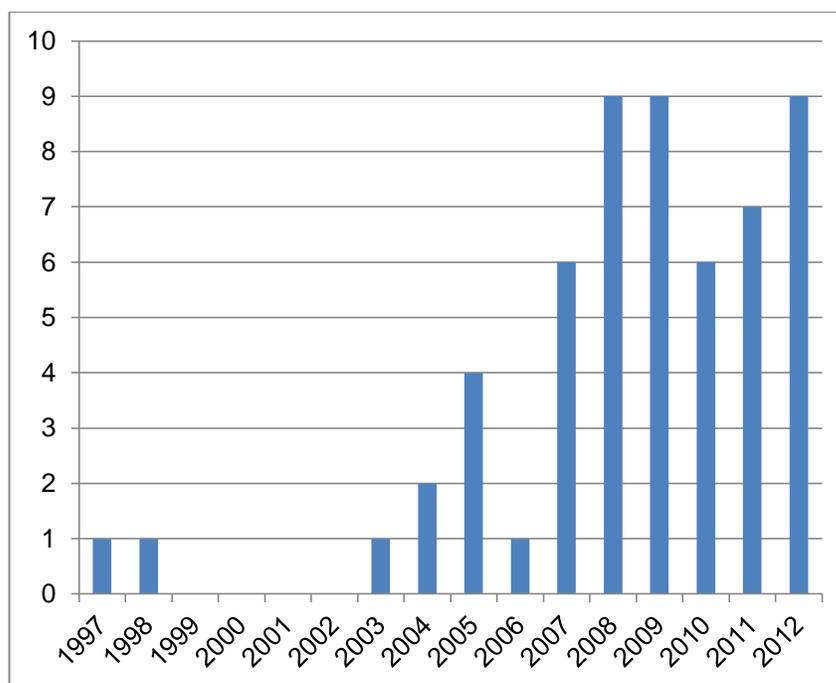
x. RESULTADOS PARA GESTIÓN DE RIESGO FINANCIERO Y CÁLCULO DEL VALOR EN RIESGO (VAR)

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA:

La ecuación de búsqueda que mejor resultado tuvo para este caso fue:
 (TITLE-ABS-KEY(risk W/3 management) AND TITLE-ABS-KEY(value at risk) AND
 TITLE-ABS-KEY("industrial engineering")) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA, "ENGI"))
 En la cual se obtuvieron 58 resultados.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL TIEMPO:

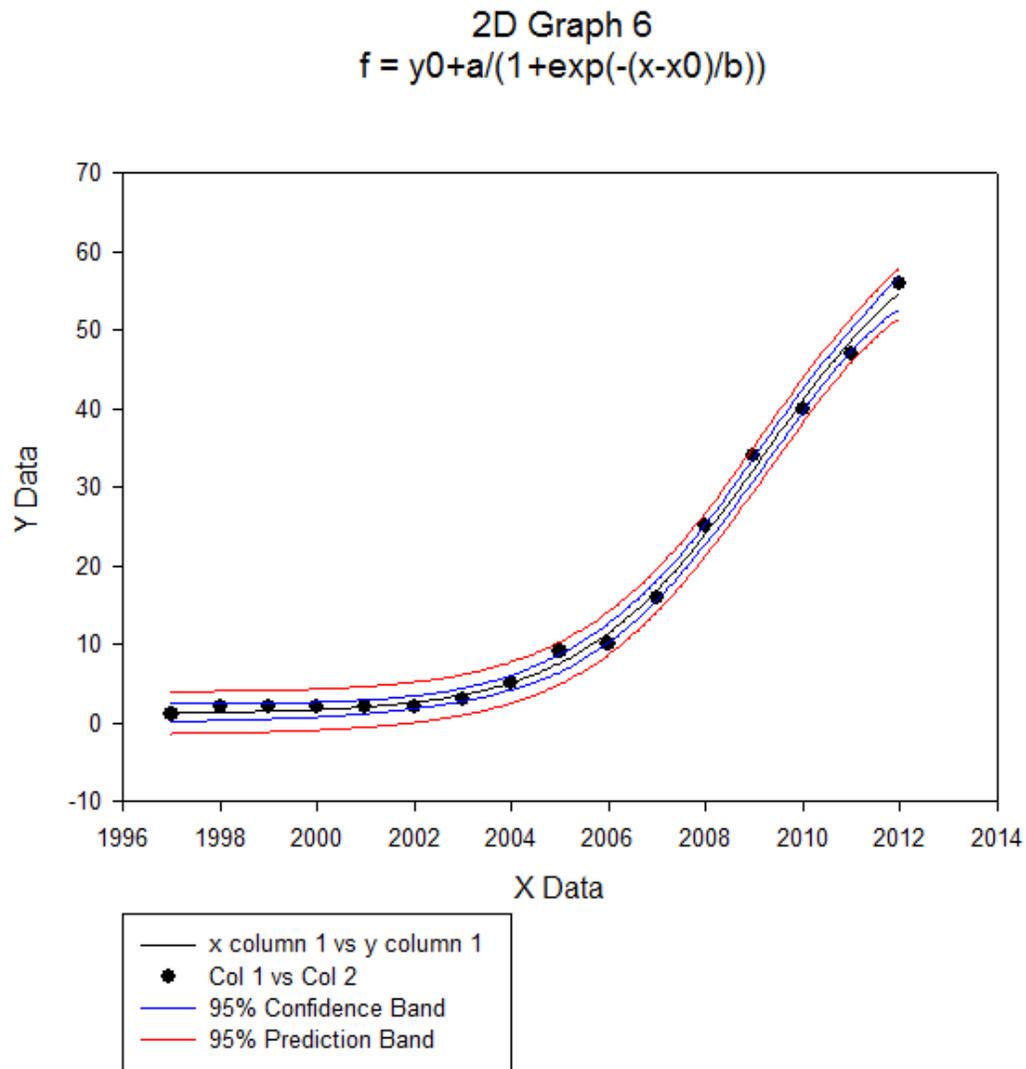
Gráfico 74. Artículos de gestión del riesgo financiero en el tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Para analizar el comportamiento de la producción científica en el tiempo se toman los datos del número de artículos publicados por año y el acumulado anual se ajusta a un modelo sigmoïdal con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Gráfico 75. Modelo sigmoïdal del acumulado de artículos para gestión del riesgo financiero



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58. Resultados regresión para gestión del riesgo financiero.

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9985	0,9971	0,9963	1,1204	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	65,6420	4,2354	15,4983	<0,0001
b	1,8845	0,1535	12,2761	<0,0001
x0	2009,1924	0,2717	7396,2244	<0,0001
y0	1,2177	0,5328	2,2854	0,0413

Fuente: Elaboración Propia

AUTORES:

Se encontraron referencias de 135 autores en los 58 artículos que hacen referencia a este tema. Todos los autores tienen un solo artículo sobre este tema excepto por Li J.-F. y Bi X los cuales tienen dos artículos cada uno. En la tabla 59 pueden verse algunos de los autores encontrados.

Tabla 59. Lista de autores con artículos sobre gestión del riesgo financiero

Nombre del Autor	# Artículos
Li J.-F.	2
Bi X.	2
Schroeder Roger J.	1
Wong Maj.E.Y.	1
Seifert I.	1
Yang Y.	1
Liu L.	1

Nombre del Autor	# Artículos
Yang Z.	1
Kuykendall D.	1
Zhang J.	1
Coleman P.	1

Fuente: Elaboración Propia

PUBLICACIONES:

Se encontraron 41 publicaciones sobre el tema de gestión de riesgo financiero y cálculo del valor en riesgo, asociados a la Ingeniería Industrial en las cuales están los 58 artículos encontrados. En la tabla 60 pueden verse las publicaciones que tienen más de un artículo y algunas de un artículo.

Tabla 60. Publicaciones con artículos sobre gestión del riesgo financiero

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>Proceeding of 2012 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2012</i>	5
<i>2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2009</i>	5
<i>Proceedings - 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2010</i>	3
<i>2011 International Conference on Management Science and Industrial Engineering, MSIE 2011</i>	3
<i>Proceedings of the International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2008</i>	2
<i>International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice</i>	2

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>IE and EM 2009 - Proceedings 2009 IEEE 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	2
<i>IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings</i>	2
<i>Journal of Cleaner Production</i>	1
<i>Proceedings of 19th International Conference on Systems Engineering, ICSEng 2008</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

CITACIONES

Para este tema se encontraron 14 artículos con citas. En la tabla 61 se puede ver cuáles son estos artículos y en la 62 cuáles son los autores.

Tabla 61. Artículos con citas sobre gestión del riesgo financiero

Nombre del artículo	Citas
<i>Extending the quantitative assessment of industrial risks to earthquake effects</i>	19
<i>A new approach to construction project risk assesment based on rough set and information entropy</i>	11
<i>A new methodology for uncertainty evaluation in risk assessment. Bayesian estimation of a safety index based upon extreme values</i>	5
<i>Corporate social responsibility, mining and "audit culture"</i>	5
<i>Analysis of strategic decision-making of company's project investment based on portfolio theory</i>	4
<i>Occupational risks in industrial maintenance</i>	4
<i>The reference installation approach for the estimation of industrial assets at risk</i>	3
<i>A framework for valuing the human dimensions of engineered systems</i>	1
<i>A new approach for assessing the correlated risk</i>	1
<i>Integrated risk management process to address the problem of assigning pilot</i>	1

Nombre del artículo	Citas
<i>missions to Korean army helicopter units</i>	
<i>Management of financial risks in mergers and acquisitions of listed companies</i>	1
<i>Project risk management in analytic framework</i>	1
<i>Risk assessment of software projects using fuzzy inference system</i>	1
<i>Risk mismanagement - Failure of model or regulation</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 62. Autores con citas sobre gestión del riesgo financiero

Nombre del autor	Citas
Campedel, M., Cozzani, V., Garcia-Agreda, A., Salzano, E.	19
Shi, H., Li, W., Meng, W.	11
Battistelli, L., Chiodo, E., Lauria, D.	5
Kemp, D., Owen, J.R., Van De Graaff, S.	5
Lind, S., Nenonen, S.	4
Zhang, G.	4
Geldermann, J., Merz, M., Bertsch, V., Hiete, M., Rentz, O., Seifert, I., Thieken, A.H., Borst, D., Werner, U.	3
Bae, Y.M., Lee, Y.H.	1
Dey, P.K., Mukherjee, S.K.	1
Iranmanesh, S.H., Khodadadi, S.B., Taheri, S.	1
Li, J.-F.	1
Pan, J.-N., Chen, S.-C.	1
Simm, J.D.	1
Wang, J.	1

Fuente: Elaboración Propia

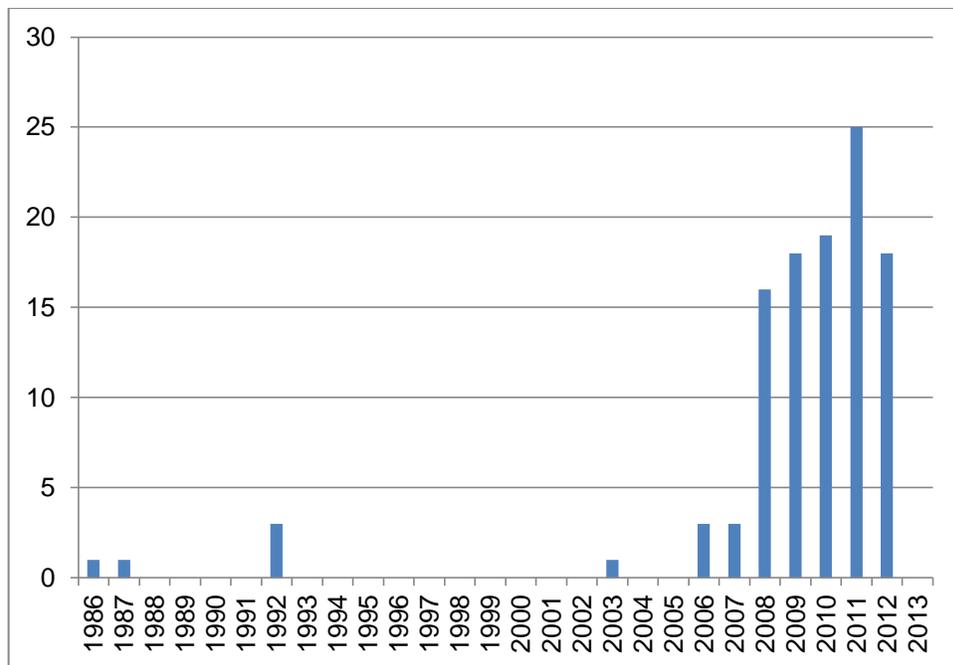
xi. RESULTADOS PARA GESTIÓN DE LA INNOVACION:

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA:

La ecuación de búsqueda que mejor resultado tuvo para este caso fue:
(TITLE-ABS-KEY("innovation management") AND TITLE-ABS-KEY("industrial engineering")) AND (LIMIT-TO(SUBJAREA, "ENGI"))
En la cual se obtuvieron 108 resultados.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL TIEMPO:

Gráfico 76. Artículos de gestión de la innovación en el tiempo

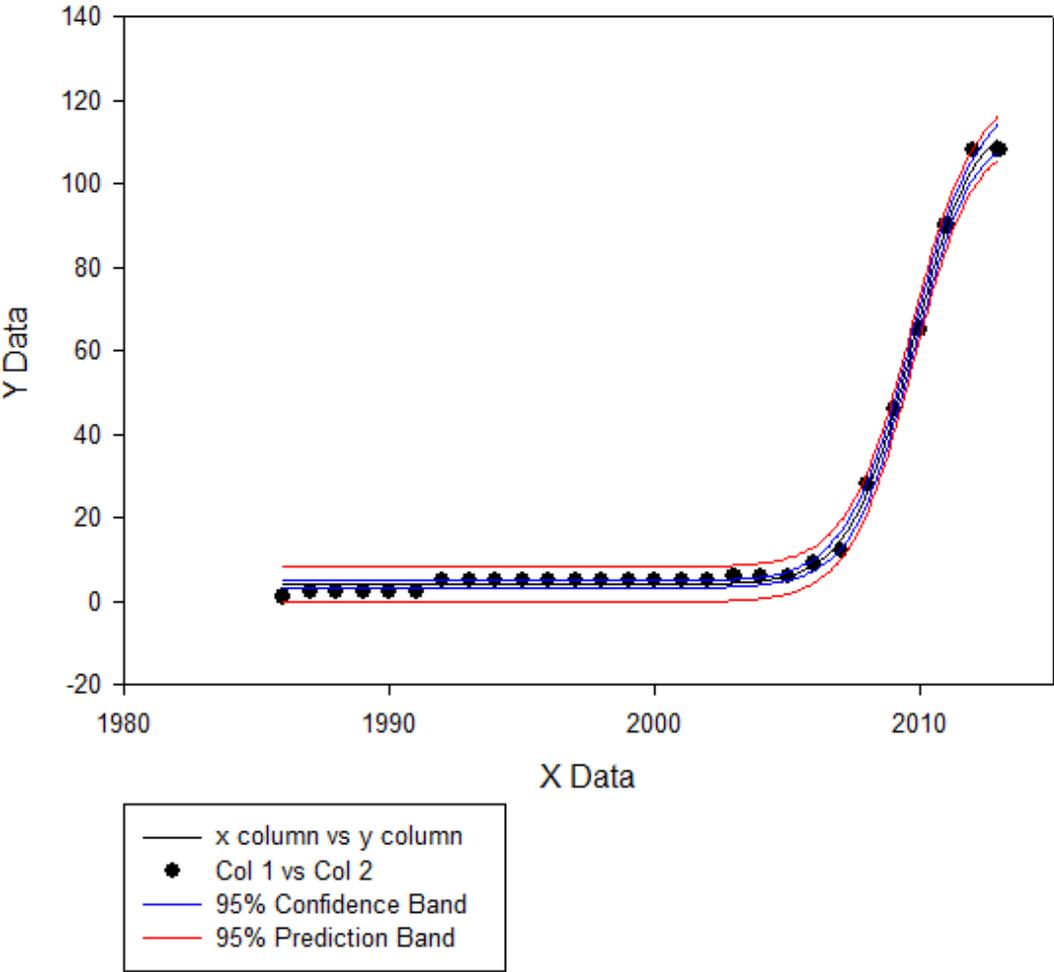


Fuente: Elaboración Propia

Para analizar el comportamiento de la producción científica en el tiempo se toman los datos del número de artículos publicados por año y el acumulado anual se ajusta a un modelo sigmoideal con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Gráfico 77. Modelo sigmoidal del acumulado de artículos para gestión de la innovación

2D Graph 8
 $f = y_0 + a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 63. Resultados regresión para gestión de la innovación.

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate	
0,9983	0,9966	0,9962	2,0014	
	Coefficient	Std. Error	t	P
a	113,3057	2,9598	38,2811	<0,0001
b	1,1702	0,0681	17,1733	<0,0001
x0	2009,6777	0,0947	21225,6942	<0,0001
y0	4,0033	0,4546	8,8059	<0,0001

Fuente: Elaboración Propia

AUTORES:

Se encontraron referencias de 173 autores en los 108 artículos que hacen referencia a este tema. Hay siete autores con dos artículos sobre este tema, los demás autores tienen un artículo cada uno. En la tabla 64 pueden verse algunos de los autores encontrados.

Tabla 64. Lista de autores con artículos sobre gestión de la innovación

Nombre del Autor	# Artículos
Wang J.	2
Wang Z.	2
Wang Y.	2
Zhang L.	2
Wang J.	2
Chen M.	2
Chen J.	2
Luan C.-J.	1
Xiong G.	1
Lei X.	1

Fuente: Elaboración Propia

PUBLICACIONES:

Se encontraron 26 publicaciones sobre el tema de gestión de la innovación, asociados a la Ingeniería Industrial en las cuales están los 108 artículos encontrados. En la tabla 65 pueden verse las publicaciones por orden de número de artículos publicados.

Tabla 65. Publicaciones con artículos sobre gestión de la innovación

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>Proceeding of 2012 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2012</i>	33
<i>Proceedings - 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2010</i>	31
<i>2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2009</i>	25
<i>2011 International Conference on Management Science and Industrial Engineering, MSIE 2011</i>	21
<i>Proceedings - 2011 4th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2011</i>	17
<i>Proceedings of the International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2008</i>	14
<i>2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2008</i>	10
<i>IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	8
<i>Proceedings - 2007 IEEE International Conference on Services Computing, SCC 2007</i>	5
<i>IE and EM 2009 - Proceedings 2009 IEEE 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	4
<i>IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings</i>	4
<i>2006 7th International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, CAIDC</i>	4
<i>[No source information available]</i>	4
<i>International Journal of Industrial and Systems Engineering</i>	3
<i>2011 IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM 2011</i>	3
<i>Proceedings of 2007 International Conference on Management Science</i>	3

Nombre de la Publicación	# Artículos
<i>and Engineering, ICMSE'07 (14th)</i>	
<i>Industrial Engineering</i>	3
<i>IEEM2010 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	3
<i>Konstruktion</i>	2
<i>IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	2
<i>Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science Proceedings of International Conference, TCSET 2006</i>	2
<i>Wochenblatt fuer Papierfabrikation</i>	2
<i>International Journal of Technology Management</i>	1
<i>Engineering Costs and Production Economics</i>	1
<i>Materials Forum</i>	1
<i>Industrial Engineer</i>	1

Fuente: Elaboración Propia

CITACIONES:

Para este tema se encontraron 7 artículos con citas. En la tabla 66 se puede ver cuáles son estos artículos y en la 67 cuáles son los autores.

Tabla 66. Artículos con citas sobre costeo por ABC

Nombre del artículo	Citas
<i>An affordable reverse engineering framework for innovative rapid product development</i>	5
<i>Analysis on operator man-made risk of enterprise's sustainable innovation process</i>	1
<i>Innovation and technology for a sustainable materials future</i>	3
<i>Innovation patterns</i>	2
<i>Interval number interpretative structural modeling and its application in technological innovation management</i>	1
<i>Realization of program based on plug-universal database-aided design</i>	1
<i>Striving for Kakushin (continuous innovation) for the 21st century</i>	3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 67. Autores con citas sobre costeo por ABC

Nombre del autor	Citas
Dereli, T., Baykasou, A.	5
Kondou, S.	3
Sawatani, Y., Nakamura, F., Sakakibara, A., Hoshi, M., Masuda, S.	2
Van Berkel, R.	3
Wu, Y., Xiang, G., Xiong, M.	1
Xiong, G., Luo, X.	1
Zhong, R.-Y., Dai, Q.-Y., Zhou, K.	1

Fuente: Elaboración Propia

xii. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE VIGILANCIA:

A continuación se presenta una tabla que resume los totales de las variables estudiadas en el estudio.

Tabla 68. Resumen resultados sobre la producción científica referente a los factores críticos de vigilancia

	Número de Artículos	Número de Autores	Número de Publicaciones	# Artículos con Citaciones	Punto de inflexión	Año de Inicio
ABC	24	72	20	5	2012.5	1997
BSC	42	103	29	6	2009.1	1998
Resp. Soc.	32	53	20	6	2009.9	2005
Metaheur.	5	17	5	2	2008	2007
Tec. Optim.	99	256	71	42	2011	1984
Ppios Evol.	23	64	18	11	2007	2001
Gtión I+D	51	94	22	7	2009.3	1969
Invest. Mdos	85	160	53	12	2010.94	1988
Planeac x Esc.	19	51	19	9	2006.89	1999

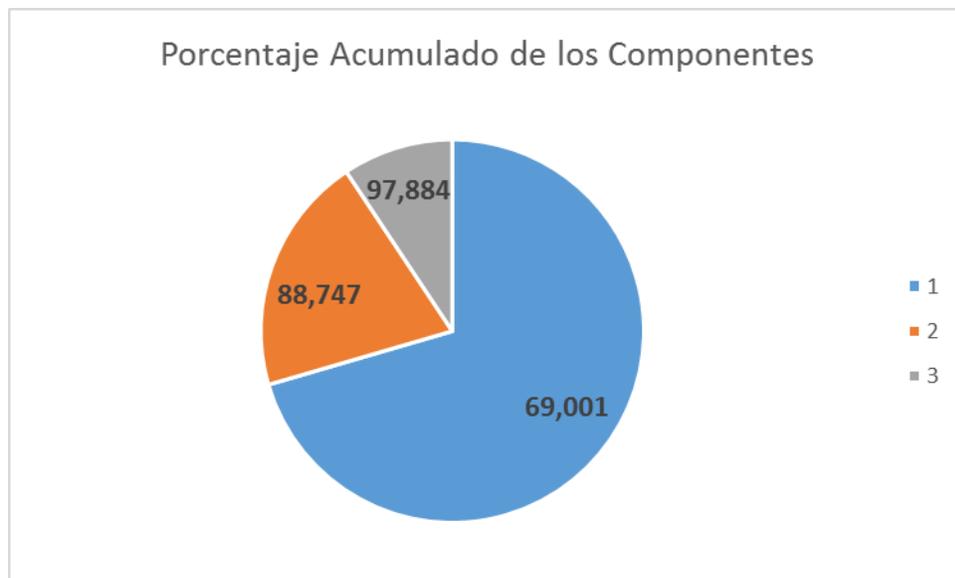
	Número de Artículos	Número de Autores	Número de Publicaciones	# Artículos con Citaciones	Punto de inflexión	Año de Inicio
Gestión Rgo Fcro.	58	135	41	14	2009.19	1997
Gestión de Innov	108	173	26	7	2009.67	1986

Fuente: Elaboración Propia

A estos resultados igualmente se les aplicó un análisis por componentes principales encontrando los siguientes deducciones:

- Se encontró que la primera componente representa un 69,001% de la variabilidad, que al sumar la segunda se acumula un 88,747% de la variabilidad y con la tercera se llega a un 97,884% de la variabilidad.

Gráfico 78. Porcentaje de variabilidad producción científica en los factores críticos de vigilancia

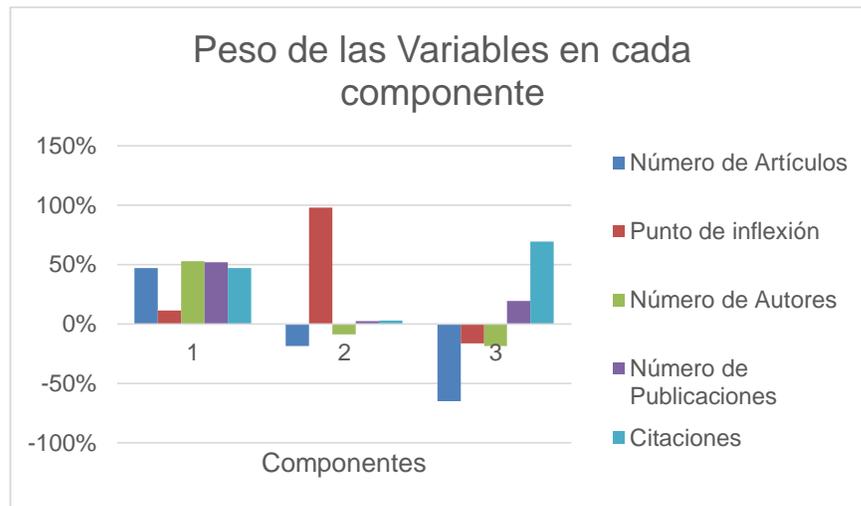


Fuente: Elaboración Propia

- El primer componente muestra una influencia por número de autores y número de publicaciones principalmente, pero con una participación

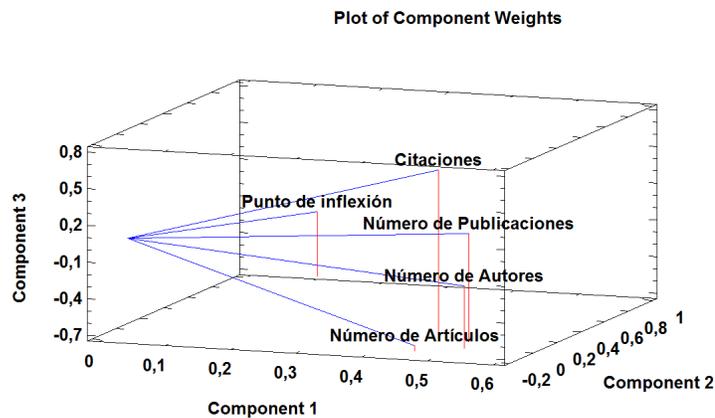
cercana de citas y número de artículos, lo que muestra una gran correlación entre las cuatro variables. La segunda componente está principalmente influenciada por el punto de inflexión de la curva de distribución en el tiempo de la producción científica y finalmente la tercera tiene influencia principalmente tanto del número de citas como del número de artículos.

Gráfico 79. Peso de las variables para la producción científica en los factores críticos de vigilancia



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 80. Componentes principales para la producción científica en los factores críticos de vigilancia



Fuente: Elaboración Propia

- Adicionalmente podemos observar los pesos de cada componente por cada uno de los factores críticos de vigilancia en la siguiente tabla.

Tabla 69. Pesos de los factores críticos de vigilancia en cada componente

Factor crítico de vigilancia	Componente 1	Componente 2	Componente 3
ABC	-1,07799	0,704707	0,00677331
BSC	-0,334409	0,297609	-0,213385
Responsabilidad Social	-1,09577	0,471588	0,0073484
Metaheurística	-2,34657	0,475564	0,232279
Técnicas de Optimización	4,35301	0,0992129	1,00003
Principios Evolutivos	-1,00126	0,274356	0,487403
Gestión de la I+D	-0,792495	-2,92778	0,16755
Investigación de Mercados	1,63082	0,191783	-0,576609
Planeación por Escenarios	-1,2157	0,29923	0,48204
Gestión del Riesgo Financiero	0,807951	0,213617	0,0306244
Gestión de la Innovación	1,07241	-0,0998854	-1,62405

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

Este estudio sirvió como ejercicio piloto para la OEA, ejemplo de cómo se pueden aplicar metodologías que permitan realizar análisis del estado de la educación de la Ingeniería en el continente, de forma que puedan establecerse planes que apoyen, con base en la cooperación interamericana para la educación, las áreas de ciencia, tecnología e ingeniería, tal como está planteado en los objetivos del programa “Ingeniería para las Américas (EftA)”. A continuación se presentan las conclusiones finales de esta investigación.

De los resultados encontrados en la región norte de América puede observarse que dentro de las justificaciones para que existan programas de Ingeniería Industrial se evidencia que la demanda de la industria pesa el doble de lo que pesa la demanda de los estudiantes por estudiar este programa, indicativo que deja ver la necesidad de la industria pero evidencia que no existe un interés equivalente que haga atractiva esa oferta académica para los estudiantes con el fin de satisfacer esa demanda.

Entre los retos que se plantea la región norte para sus redefiniciones de currículos están el de desarrollar currículos más flexibles, profundizar en la formación y capacitación de liderazgo y habilidades comunicativas en sus estudiantes, y esto está alineado con propuestas como la de IBM cuando habla de relacionamiento y multidisciplinariedad de los equipos de trabajo en los cuales se debe mover el ingeniero de hoy en su planteamiento de *Service Science Management and Engineering*. Es de destacar la práctica generalizada en la región al hacer revisiones curriculares e involucrar la industria. En la región norte se hace énfasis en competencias como soluciones a problemas de ingeniería con TICs, gestión de operaciones, *marketing*, finanzas y recursos humanos.

Las actividades extracurriculares son también una práctica común, destacándose la pasantía como práctica de mayor impacto, mientras que las prácticas internacionales son la actividad que menos realizan los estudiantes de la región norte. En la región es normal el establecimiento de acuerdos internacionales, en los cuales predomina el intercambio de estudiantes.

En cuanto a métodos no tradicionales de educación se puede concluir que en la región norte se destaca la discusión grupal, actividades en clase, estudios de caso e invitados de la industria. Este último se vuelve un elemento que ayuda a fortalecer la relación Universidad – Empresa – Estado.

Se evidenció, así mismo, que esta región cuenta con un alto índice de profesores con doctorado, encontrándose que cinco de las universidades estudiadas tienen en su planta docente el 100% de los profesionales con este grado de educación y que estos tienen la oportunidad de realizar un periodo sabático y pasantías en la industria; así como en el 100% de estas facultades se realiza investigación aplicada. La suma de estos tres elementos está permitiendo que se cuente con personal educado en investigación, con experiencia en problemas de industria y como resultado se obtiene una alta tasa de investigación aplicada realizada.

En cuanto a la participación femenina en la Ingeniería Industrial, se observa que alrededor de un tercio de los estudiantes son mujeres, y a nivel docente solo entre un 14% y un 18% de los profesores son mujeres, por lo que se puede observar que en la región es particularmente baja la presencia de mujeres como docentes y estudiantes.

La tasa de graduación del programa en Ingeniería Industrial en 4 o 5 años oscila alrededor del 60% al 64% en la región norte, Las dos principales estrategias utilizadas para mejorar la tasa de graduación son la tutoría y la asesoría a estudiantes y los talleres de fortalecimiento académico. Es evidente que las estrategias que están siendo utilizadas contribuyen a mejorar la tasa de graduados, ya que alrededor del 50% de las universidades con mayor tasa de graduados tienen también un mayor número de estrategias para mejorar esta tasa.

Respecto a los tipos de cursos en los que las universidades en la región norte hacen más énfasis son los de Administración de Proyectos y los de Modelado. Queda claro que el mayor porcentaje de participación de cursos electivos está relacionado con cursos de humanidades y algunos cursos de formación profesional, siendo estas las áreas con más énfasis de las universidades en su oferta de flexibilidad curricular. Por otro lado se encuentra que los cursos de Gestión Tecnológica tienen muy poco énfasis.

En el componente de internacionalización se evidencia que en las universidades estudiadas se destacan los estudios en el extranjero como el principal conductor de las estrategias de internacionalización con una menor participación de los programas CO-OP y la investigación de pregrado.

En concordancia con la relación Universidad – Empresa – Estado los aspectos que más relevancia tienen para las universidades estudiadas son la realización de proyectos conjuntos con otras entidades, así como las pasantías, mostrando que se prefieren uno de estos dos posibles enfoques para enriquecer la relación con las empresas.

El número de autores y el número de publicaciones son las dos variables con más influencia en el análisis de componentes principales en la realización del ejercicio de vigilancia, así como el número de artículos y el de citas, lo que nos muestra que para tener un sistema sólido de generación de conocimiento y actividad científica es necesario estimular el crecimiento del número de autores que participen en la variedad de publicaciones disponibles para el área de Ingeniería Industrial. Esto es ratificado al ver que el tema que cuenta con mayor número de autores es justamente el que tiene un mayor peso en el primer componente principal.

La importancia que las universidades le han dado a la investigación en pregrado, vista en el segundo componente principal al analizar la internacionalización, y el hecho de que el porcentaje de estudiantes en investigación sea la actividad sobresaliente de la relación Universidad – Empresa – Estado, muestra claramente la importancia que tiene que los estudiantes realicen investigaciones que puedan llevar al aumento en el número de autores.

Al revisar la actividad científica de estos temas en el transcurso del tiempo se puede visualizar que la evolución en el número y producción de las publicaciones en casi todos los temas en relación con la Ingeniería Industrial han tenido su punto de inflexión entre el 2007 y el 2012 con la sola excepción del tema de Gestión de I+D que tuvo su punto de inflexión en 1971, lo que nos dice que para este tema durante mucho tiempo se ha estado deteniendo la producción científica y que por ser un tópico relevante para las universidades y para darle un nuevo impulso a su investigación, requerirá realizar un cambio de enfoque que permita analizarlo desde una óptica diferente a la que se ha utilizado en los últimos 40 años. El punto de inflexión en la producción científica ha sido alcanzado recientemente por los temas de Costeo por ABC, Técnicas de Optimización, incluso para la Investigación de Mercados, lo que sugiere que la investigación en estos campos, aunque empezará a decrecer, corresponde a los temas en los que mayor actividad ha habido del 2010 en adelante, lo que las convierte en áreas donde deberían encontrarse oportunidades mayores para la realización de proyectos de investigación.

En cuanto al tema de Modelo Metaheurístico de Optimización en Análisis de Cadenas de Suministro, se puede observar que fue el tema en el que menor número de artículos publicados y menor número de autores se encontraron, lo que indica que este es un campo poco explorado y al aparecer, como tema de interés representa un nicho en el que se podría crecer en la producción de conocimiento.

La diferencia que se encuentra con todos los casos y el de Gestión de I+D hasta 1991 radica principalmente en un crecimiento muy lento, es decir, la investigación en Gestión de I+D en sus primeros años tuvo un crecimiento lento y se estancó rápidamente, pero a partir de 1992 tuvo un desarrollo similar al de los demás temas. Esto sugiere que para los casos donde el crecimiento de la investigación sea lento el modelo de Gompertz podría ser el más apropiado. Esto habría que contrastarlo con otros casos, pero en términos generales, donde el crecimiento alcanza mayores tasas de crecimiento, el modelo que describe este comportamiento es el Sigmoidal de 4 parámetros.

Finalmente, se puede concluir que, mediante la aplicación de diferentes métodos estadísticos, prospectivos y de ciclos de vigilancia es posible encontrar oportunidades, aspectos a mejorar y/o necesarios para cambiar de enfoque e incluso determinar universidades o entidades con las que se podrían realizar alianzas estratégicas, o emplear alguna otra alternativa en pro del mejoramiento de la calidad de la educación en los programas de Ingeniería Industrial y como un apoyo a la construcción de una estrategia para mejorar la calidad de la educación en la ingeniería.

RECOMENDACIONES

A partir de la presente investigación se hace necesario formular algunas recomendaciones, por ejemplo, es necesario utilizar las tendencias encontradas en términos de producción científica para los factores críticos de vigilancia como una herramienta que permite formular planes de investigación en los cuales se puedan involucrar estudiantes de pregrado, asunto que aparece como un elemento importante en las prácticas educativas de la región norte.

Realizar, también, nuevos ciclos de vigilancia que permitan enfocarse en aspectos específicos del interés de cada universidad, según sus planes estratégicos, así por ejemplo, sería posible hacer vigilancia sobre algún tema relacionado con los principios evolutivos utilizados en técnicas poderosas de optimización, si esta es una línea que le interesa desarrollar a la universidad.

Ampliar el estudio de vigilancia con estudios de patentes en temas específicos para los factores críticos de forma que se puedan generar nuevas conclusiones sobre tendencias y oportunidades en estas áreas

Dado que uno de los aspectos relevantes en la relación Universidad –Empresa – Estado son los proyectos con otras organizaciones, sería interesante para las universidades aplicar ciclos de vigilancia y utilizar un análisis similar al realizado en este estudio para encontrar patrones que puedan ser utilizados como insumo en la investigación realizada en estos proyectos, involucrando estudiantes y así permitiendo una mayor conexión de este con la industria durante su periodo académico, lo cual es parte del concepto de pasantía que también aparece como una práctica que tiene mucha fortaleza.

Dadas las diferencias en el contexto de la región norteamericana con respecto a las demás, sería prudente utilizar a las universidades acá estudiadas como objetos de referencia en aquellos puntos en que se destacan, para aprender de sus experiencias y entender cuales de las prácticas pueden ser adoptadas y adaptadas a la realidad de otros países.

Finalmente, sería posible utilizar las herramientas prospectivas y de vigilancia empleadas en este proyecto para formular un modelo que le sirva a las universidades como herramienta de planeación estratégica y que pueda ser utilizada en forma sistémica para el mejoramiento tanto de los currículos como de las tácticas y actividades educativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abel, K. &. (2005). ABET Accreditation of Undergraduate Engineering Management Programs: Established Versus New Programs—The Similarities and Differences. *Engineering Management Journal*, 3-8.
- ABET, E. A. (2012). *Criteria for Accrediting Engineering Programs*.
- Abu-Jdayil, B. &.-A. (2010). Curriculum assessment as a direct tool in ABET outcomes assessment in a chemical engineering programme. *European Journal of Engineering Education*, 489-505.
- AENOR. (2011). *Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Agudelo, A. D. (2013). *Identificación y comparación de metodologías de benchmarking en el ámbito educativo a nivel internacional*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Al-Maati, S. A. (2010). Developing a Sustainable Engineering Education in the Middle East and North Africa Region. *Proc. IEEE Transforming Engineering Education: Creating Interdisciplinary Skills for Complex Global Environments*, 1--11.
- Alvarez, R. (1995). *Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Aponte, L. &. (2003). Benchmarking nacional e internacional de programas de pregrado en administración. *Revista escuela de administración de negocios*, 148-165.
- Aponte, L. I. (2003). Benchmarking nacional e internacional de programas de pregrado en administración. *Revista escuela de administración de negocios*, 148-165.
- Arango, B., Tamayo, L., & Fadul, A. (2012). Vigilancia Tecnológica: Metodologías y Aplicaciones. *REVISTA GESTIÓN DE LAS PERSONAS Y TECNOLOGÍA*, 250-261.
- Burgelman, R., Christensen, C., & Wheelwright, S. (2001). *Strategic Management of Technology and Innovation*. Boston: Mc Graw-Hill.
- Camp, R. C. (1993). *Benchmarking*. Panorama.

- Castaño, G. (2008). *Bases para el estudio de prospectiva académica del programa de ingeniería industrial para el año 2020*. Medellín: UPB.
- Cortés, I. D. (2013). Valoración de modelos de curvas en S aplicadas al sector financiero colombiano. *Espacios*, 34(3), 2.
- Cruz, J. &. (2003). An Effective Strategy for Integrating Ethics Across the Curriculum in Engineering: An ABET 2000 Challenge. *Science and Engineering Ethics*, 543-568.
- Dearden, J., & Taylor, L. y. (2001). A Benchmark Profile of Economics Departments in 15 Private Universities. *The Journal of Economic Education*, 387-396.
- Dewoolkar, M., George, L., & Hayden, N. &. (2009). Hands-On Undergraduate Geotechnical Engineering Modules in the Context of Effective Learning Pedagogies, ABET Outcomes, and Our Curricular Reform. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 161–175.
- Dill, D. e. (1996). Accreditation & Academic Quality Assurance: Can We Get There from Here? *Change*, 28(5), 16-24.
- Dill, D. e. (1996). Accreditation & Academic Quality Assurance: Can We Get There from Here? *Change*, 28(5), 16-24.
- Ellis, R. y. (2006). Learning through Benchmarking: Developing a Relational, Prospective Approach to Benchmarking ICT in Learning and Teaching. *Higher Education*, 351-371.
- Elsevier B.V. (28 de 05 de 2014). *Scopus*. Obtenido de Help - Using proximity operators: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/2850/p/8150
- Fernandez, S. C. (2002). *Estadística descriptiva*. Madrid: ESIC.
- Flores, R. D. (2008). *Competitividad Sostenible de los EENNPP como destinos Turísticos: Un análisis comparativo...* España.
- Guisande, C. e. (2006). *Tratamiento de datos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- INQAAHE. (24 de 05 de 2014). Obtenido de Analytic Quality Glossary: <http://www.qualityresearchinternational.com/glossary/benchmarking.htm>
- Koehn, E. (2006). Engineering Experience and Competitions Implement ABET Criteria. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 138–144.

- Landeta, J. (1999). *El método Delphi: Una técnica de previsión para la incertidumbre*. Barcelona: Ariel.
- LAU, J. (Abril de 2002). "Calidad y acreditación, fruto de una administración integral". *Gaceta Universitaria*, XVII(148), pp. 8.
- Llinás, H. J. (2006). Precisiones en la teoría de los modelos logísticos. *Revista Colombiana de Estadística Universidad Nacional de Colombia Vol 29*, 239-265.
- López, J. A. (2012). Análisis de la difusión de innovaciones tecnológicas en el sector cárnico por medio de curvas en S. *COGESTEC*. Medellín.
- Magendzo, A. (1991). *Currículo y Cultura en América Latina*. Santiago de Chile: PIIIE.
- Martin, R. (11 de 1999). Applying Benchmarking to Higher Education: Some Lessons from Experience. *Change*, 31(6), pp. 24-31.
- Marum, E., Robles, M., & Villaseñor, M. (2004). *Benchmarking en áreas y proceso académicos*. Mexico, DF.: ANUIES.
- McLaughlin, S. A. (2010). Developing a Pedagogical Framework for Engineering Professional Development within a Service Orientated Environment. *Proc. IEEE Transforming Engineering Education: Creating Interdisciplinary Skills for Complex Global Environments*, 1--14.
- Meade, P. (1998). *A guide to benchmarking*. Univerity of Otago Press.
- Medina, J. y. (2006). *Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Merriam-Webster, Incorporated. (12 de 10 de 2013). *Merriam-Webster*. Obtenido de <http://www.merriam-webster.com/>
- Morin, J. &. (1998). *Gestión De Los Recursos Tecnológicos*. Madrid: Fundación Cotec.
- National Science board. (2012). *Science and Engineering indacators 2012*. Washington, D.C.: National Science Foundation.
- OCDE/CEPAL. (2011). *Perspectivas Económicas de América Latina 2012: Transformación del estado para el desarrollo*. OECD Publishing. OECD iLibrary.

- OEA. (2004). "Declaración de Lima". *First meeting of ministers and high authorities of science and technology*. Lima.
- OEA. (2004). "Plan de Acción de Lima". *First meeting of ministers and high authorities of science and technology*. Lima.
- OEA., O. d. (2004). *Declaración de Lima. First meeting of ministers and high authorities of science and technology*. Lima.
- Palop, F. y. (1999). *Vigilancia Tecnológica e inteligencia competitiva. Su potencial para la empresa Española*. Madrid: Cotec.
- Passow, H. (2012). Which ABET Competencies Do Engineering Graduates Find Most Important in their Work? *Journal of Engineering Education*, 95–118.
- Pérez, L. C. (2002). *Estadística práctica con Statgraphics*. Madrid: Prentice Hall.
- Rios, L. (2012). *Análisis comparativo de los programas de pregrado en ingeniería industrial en algunos países miembros de la OEA*. Medellín: U.P.B.
- Sanchez, J. M. (2002). *Empleo de herramientas de software que soportan Sistemas de Inteligencia Competitiva*. Madrid: Universidad Carlos III.
- Spendolini, M. J. (2005). *Benchmarking*. Bogotá: Norma.
- Turner, D. (2005). Benchmarking in universities: league tables revisited. *Oxford Review of Education*, 353-371.
- UNESCO. (1998). *Benchmarking in Higher Education*. . Paris: UNESCO.
- Universidad de los Andes. (s.f.). *Dirección de Planeación y Evaluación*. Recuperado el 22 de 02 de 2012, de http://planeacion.uniandes.edu.co/index.php?option=com_content&task=section&id=203
- Vargas, J. (2008). Estudio bibliométrico de la investigación sobre el quehacer fonaudiológico. *Areté*, 62-70.
- Velez, F. M. (2013). *Diagnóstico por comparación (bechmarking) aplicado a 5 programas de ingeniería industrial en América y aplicación metodología Delphi*. Medellín: UPB.
- Vlasceanu, L. G. (2007). *Quality Assurance and acredition: A glossary of basic terms and definitions*. Bucharest: UNESCO-CEPES 2007.

Zartha, J. W. (2012). *Análisis comparativo de los programas de pregrado en ingeniería industrial en algunos países miembros de la OEA*. Washington: OEA-ARTCA-UPB.