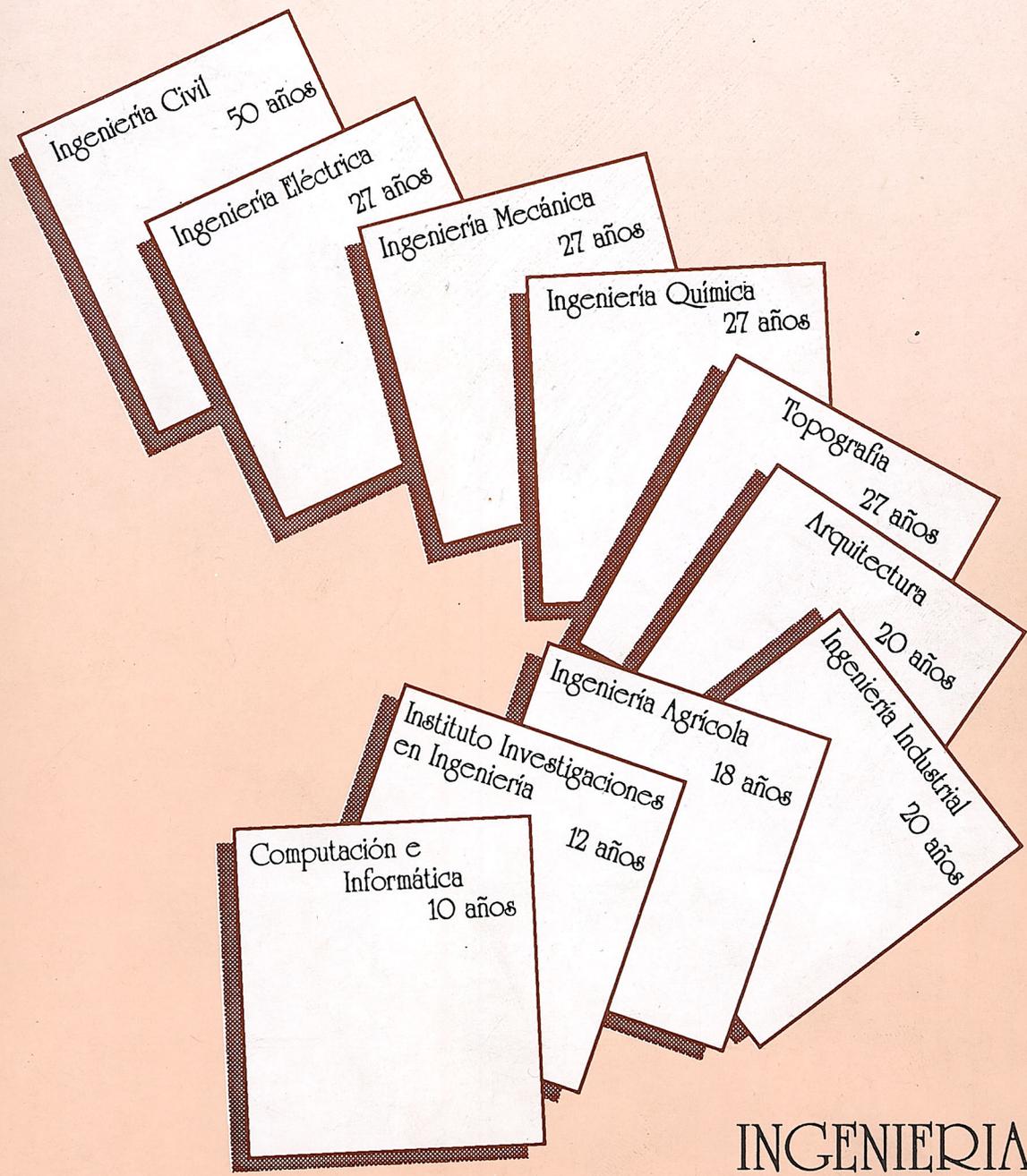


# Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica  
JULIO/DICIEMBRE 1991 VOLUMEN 1 Nº2



INGENIERIA  
1991

## APLICACION DE LAS TECNICAS DE INVESTIGACION DE OPERACIONES: ESTUDIO PRELIMINAR

*Ing. Elizabeth Coto de Morales, M.Sc \**

### Resumen

El estudio consta de una introducción en la que se anota que se trata de un sondeo preliminar sobre la aplicación de la Investigación de Operaciones. Las cuatro secciones siguientes son:

- a. Aplicación de la Investigación de Operaciones en el Sector Público.
- b. Utilización de la Investigación de Operaciones en la Empresa Privada.
- c. Conclusiones; y
- d. Recomendaciones

En las secciones A y B se plantea la metodología y resultados de su aplicación en los sectores público y privado respectivamente.

En la sección c se concluye que hay una marcada diferencia entre los sectores analizados principalmente en cuanto a las experiencias y la disposición hacia la aplicación de la Investigación de Operaciones, siendo obviamente mayor en el sector público.

En la última sección se recomienda repetir el estudio para actualizar la información del año 87 y plantear un proyecto de investigación que diagnostique las causas de tan marcadas diferencias y ayude a priorizar las aplicaciones que tendrían un mayor impacto hacia el crecimiento económico del país.

### Summary

The introduction shows that the study is intended to be a preliminary search of the applications of Operations Research (O.R.) based on data of 1987. Four sections are then being presented, the first two being related to the methodology used and results obtained for the public and private sectors of the economy. The third section states the conclusions, placing emphasis on the fact that applications of O.R. are more frequent and there is a better disposition towards them in the public sector than in the private sector. The last section recommends the repetition of the study to update the information and to plan a research project in order to identify the causes for such difference between public and private sector as well as to serve as a starting point to establish priority application areas.

### INTRODUCCION

Siempre con la preocupación de la baja frecuencia de la aplicación de las Técnicas de Investigación de Operaciones (I.O.) en Costa Rica, se planteó una estudio preliminar del uso de dicha herramienta, tanto en el sector público como en el privado. Dicho estudio fue planeado y coordinado por la autora de este artículo en noviembre de 1987, definiéndose como el proyecto del curso de Investigación de Operaciones Avanzada (II-903) de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica y en el que participaron los estudiantes Viveca Cavallini, Layla Gazel, Greivin Corrales, Marco Ant. Retana, Bernardo Rosales y Humberto Zúñiga.

Para el sector público se escogieron analizar las experiencias del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), el Banco Nacional de Costa Rica (BNCR) y la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS).

Para el sector privado se seleccionó una muestra de empresas a las cuales se les consultó cuáles modelos de Investigación de Operaciones han usado y cuál fue el resultado de la experiencia.

El primer paso fue elaborar una lista de las técnicas de Investigación de Operaciones que se consideran de interés para el sector privado y el público respectivamente. Seguidamente se plantearon cuestionarios que sirvieran de base para entrevistar a los gerentes o encargados principales de las empresas privadas que se encontraban en la muestra seleccionada y a las personas claves en las instituciones públicas, entendiéndose por

\* Profesora Asociada, Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad de Costa Rica

ello, aquellas personas con conocimientos e interés en el campo de la Investigación de Operaciones. Así entonces, el presente artículo está constituido por cuatro secciones a saber:

1. Aplicación de la Investigación de Operaciones en el Sector Público.
2. Utilización de la Investigación de Operaciones en la Empresa Privada.
3. Conclusiones
4. Recomendaciones

#### A. APLICACION DE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES EN EL SECTOR PUBLICO

Se plantearon, como metodología, los siguientes pasos:

1. Localizar las personas claves en cada una de las instituciones públicas mencionadas en la Introducción, a saber: ICE, BNCR y CCSS.
2. Definir las áreas de estudio dentro de cada organización.
3. Definir el área escogida.
4. Contactar las personas específicas en esa área, buscando aquellas con conocimientos e interés en el campo de la Investigación de Operaciones.
5. Entrevistar a estas personas incluyendo:

a. Descripción de mercados en proyectos de Investigación de Operaciones.

b. Priorización de esas necesidades basadas en interés, recursos y problemática actual.

c. Estudios y resultados de trabajos hechos en I.O.

d. Planes a corto y mediano plazo en el área de I.O.

e. Efectos de no poder contar con las técnicas de I.O.

f. Actitudes de niveles más altos con respecto a este tipo de trabajos.

g. Recursos computacionales disponibles.

h. Disposición de que se les brinde asesoría.

i. Anuencia para la realización del proyecto en la Institución.

6. Observaciones en el campo para confirmar las necesidades.

7. Clasificación de las principales necesidades.

#### Resultados:

En los siguientes cuadros se resumen los principales resultados del estudio realizado.

CUADRO No. 1.  
CONOCIMIENTOS DE I.O.

NIVEL	ENTREVISTADOS		TOTAL	
	C.C.S.S.	I.C.E.	B.N.C.R.	%
BACHILLERATO	0			
LICENCIATURA		X	X	67
MAESTRIA	X			33

CUADRO No. 2.  
TECNICAS DE I.O. CONOCIDAS POR LOS ENTREVISTADOS

AREA I.O.	ENTREVISTADOS			TOTAL
	C.C.S.S.	I.C.E.	B.N.C.R.	%
PROG. LINEAL	X	X	X	100
SIMULACION	X	X		67
PROG. ENTERA				0
CONTROL INVENT.	X	X	X	100
MOD. TRANSPORTE	X	X	X	100
REDES	X	X	X	100
MOD. ASIGNACION	X			33
TEORIA DECOLAS	X	X	X	100
TEORIA DEJUEGOS				0
PROG. DINAMICA	X	X		67
TOTAL (%)	70	70	60	

CUADRO No. 3.  
APLICACION DE LA I.O.. EN LAS INSTITUCIONES

AREA I. O.	ENTREVISTADOS			TOTAL
	C.C.S.S.	I.C.E.	B.N.C.R	%
PROG.LINEAL	X			33
SIMULACION	X	X		67
PROG. ENTERA				0
CONTROLINVENT.	X	X	X	100
REDES	X	X	X	100
MOD. TRANSPORTE				0
MOD. ASIGNACION	X			33
TEORIA DE COLAS	X	X	X	67
TEORIA DE JUEGOS				0
PROG.DINAMICA				0
TOTAL (%)	60	40	30	

CUADRO No. 4.  
MEJORAS POSIBLES UTILIZANDO I.O.

MEJORA-	ENTREVISTADOS			TOTAL
	C.C.S.S.	I.C.E.	B.N.C.R.	%
AHORRO DE TIEMPO		X	X	67
DISMINUIR COSTOS		X	X	67
MEJORAR SEVICIO	X	X	X	100
USAR MEJOR RECURSOS		X	X	67

CUADRO No. 5.  
PRIORIZACION DE LAS POSIBLES APLICACIONES

MEJORA	ENTREVISTADOS		
	C.C.S.S.	I.C.E.	B.N.C.R.
REDES		1	1
CONTROL INVENT.		2	2
TEORIA DE COLAS	1	4	
SIMULACION		3	3
PROG. LINEAL	3		
MOD. ASIGNACION	2		

CUADRO No. 6.  
RESUMEN DE PRIORIDADES

PRIORIDAD	PROBLEMATICA	PUNTOS POND. *
1.	REDES	200
2.	TEORIA DE COLAS	110
3.	CONTROL INVENT.	100
4.	SIMUL. Y ASIGNACION	50

\* POND. (PONDERACION)

Prioridad / Puntos

1	200
2	110
3	100
4	50

CUADRO No. 7.  
DISPONIBILIDAD DE APLICAR I.O.

DISPONIBILIDAD%	ENTREVISTAS
BASTANTE	100
MEDIANA	0
POCA	0
MUY POCA	0

CUADRO No. 8.  
APOYO ESPERADO PARA APLICAR I.O.

APOYO	% ENTREVISTAS
MUY ALTO	100
ALTO	0
BAJO	0
MUY BAJO	0
INDIFERENTE	0

CUADRO No. 9.  
RECURSOS DISPONIBLES

RECURSOS	C.C.S.S.	I.C.E.	B.N.C.R
MICROCOMPUTADORES	X	X	X
INGENIERO INDUSTRIAL	X	X	X
OFICINA ASESORIA	X	X	
PRESUPUESTO	X	X	X
SUMINISTRO INFORMAC.	X	X	X

Un análisis de los cuadros No. 1. al No. 9. se da posteriormente en la Sección D, Conclusiones, de este artículo.

## B. UTILIZACION DE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES EN LA EMPRESA PRIVADA

La metodología que se siguió para cubrir este punto fue la siguiente:

1. Revisión bibliográfica
2. Selección de la muestra de empresas
3. Confección del cuestionario para la entrevista
4. Realización de entrevistas
5. Análisis y conclusiones

### 1. Revisión bibliográfica

Se procedió a realizar una investigación bibliográfica en textos de Investigación de Operaciones con el propósito de seleccionar posibles modelos de Investigación de Operaciones que pudieran servir a la empresa privada.

### 2. Selección de la muestra de empresas

Para la selección de las empresas que se analizarán en el estudio se contó con información del perfil de algunos de los sectores más importantes de la industria nacional. Estos perfiles se obtuvieron por medio de estudios realizados por la Cámara de Industrias de Costa Rica.

Los sectores de los que se pudo obtener información y por consiguiente los sectores analizados fueron los siguientes:

- Hilado, Textiles y Confección de Prendas.
- Industria Alimenticia
- Industria de Productos de Plástico
- Industria de Fabricación de Bebidas
- Industria del Cuero
- Industria Metalmeccánica
- Industria Farmacéutica

Para conocer la importancia que tiene cada uno de estos sectores en la industria costarricense se procedió a estudiar dos parámetros representativos incluidos en los perfiles citados anteriormente. Estos parámetros son:

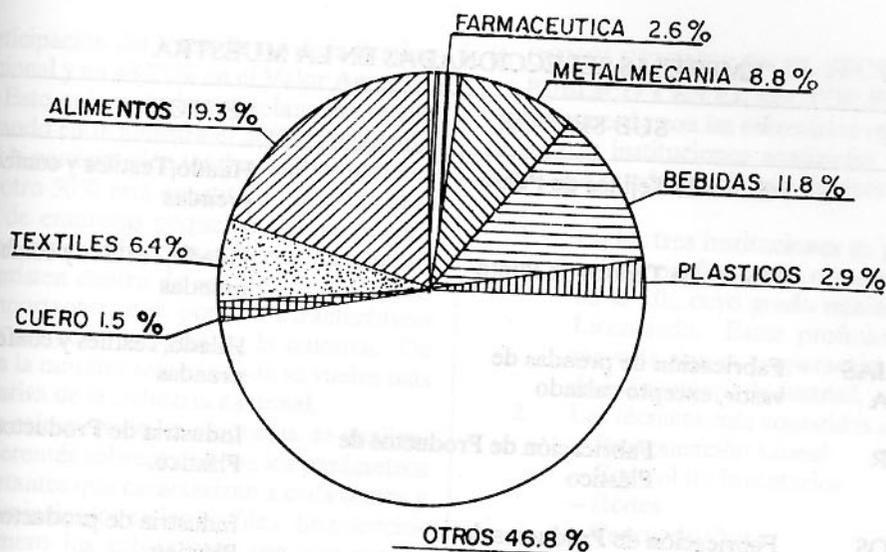


GRAFICO No. 1. Participación del valor bruto de Producción Nacional

- Participación del Valor Bruto de la Producción Nacional.

- Participación del Valor Agregado de la Producción Nacional.

Estos dos parámetros se muestran en los Gráficos No. 1 y No. 2.

De estos gráficos se puede observar que las industrias de alimentos, bebidas y metalmecánica son las que tienen mayor participación en el Valor Bruto de la Producción Nacional y en el Valor Agregado de la misma.

Las industrias del Plástico y del Cuero son las de menor importancia en los parámetros estudiados, siendo de las dos, la Industria del Plástico la más importante con un 2.9% y un 3% de participación en el Valor Bruto y Valor Agregado de la Producción Nacional respectivamente, mientras que la Industria del Cuero tiene un 1.48% y un 1.64% en estos mismos parámetros, por lo que esta industria se ha descartado de la muestra.

Los sectores analizados constituyen en conjunto un 53.21% del total de la industria nacional

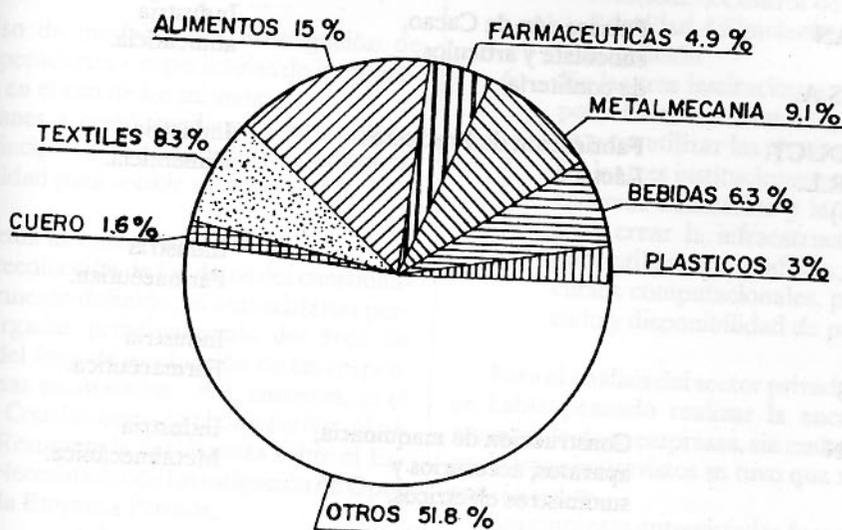


GRAFICO No. 2. Participación del Valor Agregado Producción Nacional.

## EMPRESAS SELECCIONADAS EN LA MUESTRA

EMPRESA	SUB-SECTOR	SECTOR
INTEX	Fábrica de Tejidos de Punto	Hilado, Textiles y confección de prendas
REYCO	Fábrica de Tejidos de Punto	Hilado, Textiles y confección de prendas
INDUSTRIAS BARZUNA	Fabricación de prendas de vestir, excepto calzado	Hilado, Textiles y confección de prendas
POLYMER S.A.	Fabricación de Productos de Plástico	Industria de Productos de Plástico.
PLASTICOS STAR	Fabricación de Productos de Plástico	Industria de productos de Plástico
CANADA DRY BOTTLING CO.	Industrias de bebidas, no alcohólicas y aguas bebidas	Industria de la Fabricación de gaseosas
EMBOTELLADORA TICA S.A.	Industrias de bebidas, no alcohólicas y aguas gaseosas	Industria de la Fabricación de bebidas
ORANGE CRUSH	Industrias de bebidas, no alcohólicas y aguas gaseosas	Industria de la Fabricación de bebidas
GALLITO INDUSTRIAL LTDA.	Fabricación de Cacao, chocolate y artículos de confitería.	Industria alimenticia.
COSTA RICAN COCOA PRODUCTS S.A.	Fabricación de Cacao, chocolate y artículos de confitería.	Industria alimenticia.
COOP. PRODUCT. DE LECHE R.L. (DOS PINOS)	Fabricación de Productos Lácteos	Industria alimenticia.
PFIZER S.A.	--	Industria Farmacéutica.
STERLING PRODUCTS		Industria Farmacéutica.
CONDUCEN S.A.	Construcción de maquinaria, aparatos, accesorios y suministros eléctricos.	Industria Metalmecánica.
FIRESTONE S.A.	--	Ninguno de los estudiados

en la participación del Valor Bruto de la Producción Nacional y un 48.23% en el Valor Agregado de ésta. Esto quiere decir que solamente se está considerando en la muestra el 50% aproximadamente de la participación total en ambos parámetros. El otro 50% está constituido por una gran cantidad de empresas pequeñas que se pueden agrupar en varios subsectores, pero sin embargo, también existen dentro de ese 50% restante empresas importantes, que por sus características distintivas merecen incluirse en la muestra. De esta forma la muestra seleccionada se vuelve más representativa de la industria nacional.

Para la selección de las empresas, se analizaron los diferentes subsectores con los parámetros más importantes que caracterizan a cada sector y que estaban incluidos en los perfiles. Se seleccionaron primero los subsectores con una mayor participación en el sector y posteriormente se seleccionaron dentro de esos subsectores las empresas más importantes con base en sus características más distintivas.

Las empresas seleccionadas son las mostradas en la página anterior

### 3. Confección del cuestionario para la entrevista

El cuestionario que se muestra en el Anexo se subdivide en dos partes: Descripción general de la Empresa y Estudio de las Necesidades de la Investigación de Operaciones. Esta última parte se subdivide en:

- a. Uso de modelos de Investigación de Operaciones y experiencias de la empresa en el uso de los mismos.
- b. Planes a corto, mediano y largo plazo, principales modelos de interés y disponibilidad para recibir asesoría en I.O.

### 4. Realización de entrevistas

Para la recolección de los datos del cuestionario, anteriormente definido, se entrevistaron personas encargadas principalmente del área de cómputo y del área de producción de las respectivas empresas encuestadas. Así, entonces, el apartado D, Conclusiones, en el Cuadro No. 10, se presenta el Resumen de la Encuesta sobre el Estudio de las Necesidades de Investigación de Operaciones en la Empresa Privada.

## C. CONCLUSIONES EN EL SECTOR PÚBLICO Y EN EL SECTOR PRIVADO

De acuerdo con las entrevistas realizadas, para las tres instituciones analizadas en el sector público se puede concluir lo siguiente:

1. En las tres instituciones se pudieron localizar profesionales con conocimientos en la I.O., cuyo grado mínimo fue el de Licenciado. Estos profesionales en su mayoría tienen preparación en la rama de la Ingeniería Industrial.
2. Las técnicas más conocidas son:
  - Programación Lineal
  - Control de Inventarios
  - Redes
  - Teoría de Colas
3. Las aplicaciones más comunes en las tres instituciones podrían ser:
  - Control de Inventarios
  - Redes
  - Teoría de Colas
4. El principal objetivo de las instituciones para aplicar la I.O. es el de mejorar el servicio que se brinda.
5. Al hacer la priorización entre las aplicaciones más urgentes e importantes se encuentran:
  - Prioridad 1: Redes
  - Prioridad 2: Teorías de Colas
  - Prioridad 3: Control de Inventarios
  - Prioridad 4: Simulación y Modelos de asignación
6. En las tres instituciones existe total disponibilidad en cuanto a aplicación y apoyo para utilizar las técnicas de I.O.
7. En las tres instituciones se cuenta con los recursos necesarios y la disponibilidad para crear la infraestructura necesaria para utilizar los modelos. Se tienen recursos computacionales, personal calificado y disponibilidad de presupuesto.

Para el análisis del sector privado inicialmente se había pensado realizar la encuesta en una muestra de doce empresas, sin embargo, debido a problemas imprevistos se tuvo que reducir el número a nueve.

Las empresas entrevistadas fueron las siguientes:

- Embotelladora Tica
- Firestone de Costa Rica
- Costa Rican Cocoa Products
- Intex S.A.
- Plásticos Star
- Conducen
- Pfizer
- Gallito Industrial
- Sterling Winthrop Products

En el *Cuadro No. 10*, Resumen de la Encuesta sobre el Estudio de las Necesidades de Investigación de Operaciones en la Empresa Privada, se presenta una tabulación de los aspectos más relevantes de la encuesta, la cual se analiza a continuación:

De la pregunta de que si se utilizan o han utilizado alguna vez modelos de Investigación de Operaciones para la Toma de Decisiones, el 77% de las empresas contestaron que no, lo cual muestra claramente la poca utilización que se le da a este tipo de análisis científico en las empresas costarricenses.

Hubo una cantidad considerable (44%) de empresas que de una u otra forma han experimentado con modelos de I.O. La mayoría de ellas no dió los resultados de estos experimentos, sin embargo lo catalogaron en una escala de bueno a regular.

El 77% de las empresas no posee ningún tipo de departamento, oficina o personal encargado de realizar estudios de Investigación de Operaciones. Sin embargo, existen empresas como El Gallito Industrial donde si hay una oficina de análisis administrativo con personal altamente capacitado para realizar este tipo de trabajo.

El 100% de las empresas poseen equipo de computación y sólo una de ellas no dispondría de esos equipos para estudios de I.O.

Se determinó, sin embargo que la mayoría de las empresas a pesar de disponer del equipo necesario, no poseen ningún tipo de software relacionado con la Investigación de Operaciones.

La mayoría tampoco dispone de planes a corto, mediano o largo plazo sobre la implementación de líneas de Investigación de Operaciones (66%).

Dentro de los modelos de mayor interés para la empresa privada (No se muestra en la tabla), la mayoría coincidió en los siguientes:

- Modelos de Control de Inventarios

- Modelos de Programación y Control de la Producción.
- Modelos de Programación Lineal
- Modelos de Transporte y Asignación
- Modelos de Secuenciamiento
- Modelos de Redes (Método PERT)

Finalmente se les planteó una pregunta sobre su disponibilidad para que se les brinde asesoría en materia de Investigación de Operaciones, de las cuales el 44% mostró poco o ninguna disponibilidad para dicho asesoramiento.

Observando las conclusiones obtenidas de los datos obtenidos para el sector público y el privado respectivamente es obvio que hay una marcada diferencia. Las causas por las cuales en el sector público pareciera más frecuente la experiencia, además de haber más disposición y conciencia del provecho que se le puede sacar a la aplicación de I.O., podrían estar fundamentadas en el hecho de que muchos de los graduados de Ingeniería Industrial tradicionalmente han ido a colocarse en el sector público, sin embargo, hay otras causas que podrían haber incidido tales como el contar con equipo computacional, quedando la interrogante de la disponibilidad del software como algo más fácil y económico de resolver. En todo caso, el estudio preliminar no pretendió dar respuesta a la interrogante sobre las causas. Es importante mencionar también, que cada año más graduados en Ingeniería Industrial son absorbidos por el sector privado y podrían estar ya impactando positivamente el número de aplicaciones de I.O. Sin embargo, es conveniente priorizar en qué situaciones propias de nuestro país el impacto sería el más deseado, para así determinar qué aplicaciones se deben propiciar desde la formación de los futuros ingenieros, como estudiantes de Ingeniería Industrial y posiblemente en otras carreras también, dado que, la Investigación de Operaciones le pertenece hoy día al "mundo" y no es de uso exclusivo de una disciplina específica.

## D. RECOMENDACIONES

Visto con la información del año 1987, las empresas públicas analizadas muestran claramente el estar haciendo uso de las Técnicas de Investigación de Operaciones como ayuda en la Toma de Decisiones, no siendo éste el caso de las empresas privadas.

Es conveniente seguir analizando, en el tiempo, el desarrollo del interés en ambos sectores, de

CUADRO No. 10.  
INVESTIGACION OPERATIVA AVANZADA  
RESUMEN DE LA ENCUESTA SOBRE ESTUDIO DE LAS NECESIDADES DE  
INVESTIGACION DE OPERACIONES EN LA EMPRESA PRIVADA

NOMBRE DE LA EMPRESA	CANT. DE EMPL.	PRINCIPALES PRODUCTOS	UTILIZAN	EXPER. EN	POSEEN	POSEEN	POSEEN	TIENEN	DISPONIB.
			MODELOS DE LD.	INVEST. OPERAT.	PERSONAL EN I.O.	EQUIPO COMPUTO	SOFTWARE EN I.O.	PLANES EN I.O.	DE QUE SE LES ASESORE EN I.O.
EMBOTELLADORA TICA S.A.	1000	COCA COLA Y FANTA	X	X	X	X	X	X	TOTAL
FIRESTONE S.A.	400	LLANTAS, NUEMATICOS, HULE EN LAMINA, MATERIAL DE REPARACION Y RECAUCHE	X	X	X	X	X	X	SI LA HAY
COSTARICAN COCOA PRODUCTS	263	PRODUCTOS DE CACAO	X	X	X	X	X	X	NO SABE
INTEX S.A.	250	PIJAMAS, CAMISAS, BLUSAS T-SHIRTS	X	X	X	X	X	X	SI
PLASTICOS STAR	185	CEPILLO DENTAL, PLASTICOS EN GENERAL	X	X	X	X	X	X	SI LA HAY RESISTEN AL CAMBIO
CONDUCCEN	----	CABLE TELEFONICO, CABLE Y ALAMBRE ELECTRICO DU Y AL	X	X	X	X	X	X	NO LA EMPRESA ES MUY CERRA
PRIZER	150	ANTIBIOTICOS, ANTIPARACITARIOS, ANTIARTRITICOS	X	X	X	X		X	SI EXISTE
EL GALLITO	----	CONFITES Y CHOCOLATES	X	X	X	X	X	X	NINGUNA
STERLING CO.	160	PRODUCTOS MEDICINALES	X	X	X	X	X	X	POCA
TOTAL			27	45	27	90	18	36	

la utilización de Investigación de Operaciones. También se hace necesario estudiar las causas de una diferencia tan marcada entre ambos sectores. Con el fin de darle seguimiento al proyecto del año 1987, la autora ha planteado a la Escuela de Ingeniería Industrial y a la profesora, Sra. Betty Zúñiga, del curso de Investigación de Operaciones II, la repetición del estudio inicial con el fin de actualizar la información, lo que estará disponible a partir de diciembre del año en curso y será publicada en su oportunidad.

Para poder analizar más profundamente la situación se recomienda plantear un corto proyecto de investigación, de diagnóstico de la situación actual, posiblemente enfocándolo un poco más ampliamente hacia la Teoría de Decisiones con Investigación de Operaciones como uno de los subtemas y basados en información obtenida de dicho proyecto y la problemática futura de Costa Rica para poder detectar y desarrollar aquellas aplicaciones de mayor impacto al crecimiento de la economía del país.