

GENERACIÓN DE METODOLOGÍA, APLICANDO DATA ENVELOPMENT ANALYSIS  
(DEA), EN EL DISEÑO DE INDICADORES DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD PARA  
LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

GLORIA ISABEL RODRIGUEZ LOZANO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
DOCTORADO EN CIENCIAS ECONÓMICAS  
BOGOTÁ  
2009

GENERACIÓN DE METODOLOGÍA, APLICANDO DATA ENVELOPMENT  
ANALYSIS (DEA), EN EL DISEÑO DE INDICADORES DE EFICIENCIA Y  
PRODUCTIVIDAD PARA LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE COLOMBIA

GLORIA ISABEL RODRIGUEZ LOZANO  
CODIGO 909021

Trabajo de grado presentado para optar al título de Doctora en Ciencias Económicas

DIRIGIDO POR:  
IVÁN DARÍO HERNÁNDEZ UMAÑA FRANCISCO J. ARCELUS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
DOCTORADO EN CIENCIAS ECONÓMICAS  
BOGOTÁ  
2009

## FORMATO UNICO PARA ENTREGA DE LOS TRABAJOS DE GRADO

### TÍTULO EN ESPAÑOL:

Generación de metodología, aplicando Data Envelopment Analysis (DEA), en el diseño de indicadores de eficiencia y productividad para la función de extensión de la Universidad Nacional de Colombia.

### TÍTULO EN INGLÉS:

Generation methodology, applied Data Envelopment Analysis (DEA), in the design of efficiency and productivity indicators for extending the role of the National University of Colombia.

### RESUMEN EN ESPAÑOL:

La extensión expresa una finalidad social de la Universidad Nacional de Colombia, relacionada definitivamente con la contribución a la comprensión y a la solución de los problemas del país, con el aporte en la formulación de políticas públicas, con el tratamiento de oportunidades y problemas concretos de agentes sociales y el desarrollo de diversas capacidades sociales. Partiendo de una de las premisas importantes de la gestión, la cual evidencia el hecho que para perfeccionar una determinada actividad es menester el conocer a cabalidad su desempeño y adicionalmente teniendo en cuenta que aquello que no se evalúa no se conoce lo suficientemente bien como para abordar la fase de mejoramiento; esta tesis doctoral aborda el evaluar lo que al interior de la Universidad Nacional se llama la Función de Extensión en procura de entregar indicadores mediante los cuales se puedan tomar medidas eficaces para lograr un mejor desarrollo. El manejo del análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis - DEA) garantiza el contar con indicadores únicos de desempeño que permiten tener una única medida de desempeño por cada unidad de decisión. Esta investigación, de manera innovadora, evalúa a través de indicadores de eficiencia y productividad DEA la forma como se ha venido desarrollando la Función de Extensión en la Universidad Nacional de Colombia, considerando los recursos invertidos (horas docentes y aportes) para desarrollar esta importante actividad y los resultados obtenidos (número de proyectos, transferencias e impacto), a través de 6 años: desde 2002 a 2007.

### TRADUCCIÓN DEL RESUMEN AL INGLÉS:

The spread expresses a social purpose of the National University of Colombia, definitely related to the contribution to understanding and solving the problems of the country, with input in the formulation of public policies, with the treatment of specific problems and opportunities of agents and social development of various social skills. On one of the important concerns of management, which evidences the fact that to improve a particular activity is necessary to know fully their performance and additionally taking into account

that this is not assessed is not known well enough to address improvement phase, this thesis deals with the assessment that within the National University is called the extension function in an attempt to provide indicators by which to take effective action to achieve a better development. Management of Data Envelopment Analysis (Data Envelopment Analysis - DEA) guarantees have unique performance indicators that allow a single measure of performance for each decision unit. This research, innovative ways, assessed by indicators of efficiency and productivity DEA how you have developed the Role of Extension in the National University of Colombia, considering the resources invested (teaching hours and contributions) to develop this important activity and results (number of projects, transfers and impact), through 6 years: from 2002 to 2007.

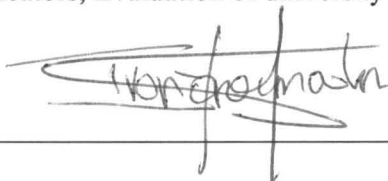
**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL:**

Medición de la eficiencia, Indicadores, Evaluación de la extensión universitaria, DEA.

**TRADUCCIÓN AL INGLÉS DE LAS PALABRAS CLAVES:**

Measuring the efficiency, Indicators, Evaluation of university extension, DEA.

FIRMA DEL DIRECTOR: \_\_\_\_\_



GLORIA ISABEL RODRIGUEZ LOZANO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

DOCTORADO EN CIENCIAS ECONÓMICAS

ACTA DE DEFENSA PÚBLICA DE TESIS DE DOCTORADO 03 DE 2009

En Bogotá D.C. a los 23 días del mes de junio de 2009, se reunieron en la Sala de Videoconferencias No. 1 de la Hemeroteca: el representante del Comité Asesor del Doctorado Profesor Jorge Iván Bula Escobar coordinador de la sustentación, el Coordinador Académico del Doctorado y Co-director de la Tesis Doctoral Profesor Iván Hernández Umaña, el Director de la tesis Profesor Francisco-Javier Arcelus, los jurados, Profesoras Katrin Simón Elorz, Jenny Marcela Sánchez Torres y María Auxilio Osorio Lama, con el fin de actuar como evaluadoras de la tesis doctoral titulada "GENERACION DE METODOLOGIA, APLICANDO DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA), EN EL DISEÑO DE INDICADORES DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD PARA LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA" presentada por la estudiante GLORIA ISABEL RODRIGUEZ LOZANO C. C. No. 51608763 código 909021 para optar por el título de Doctora en Ciencias Económicas.

Luego de realizada la sustentación los jurados acreditan la siguiente calificación:

APROBADA



REPROBADA



En Constancia firman:

Director de Tesis:

*[Firma]*  
Francisco Javier Arcelus

Co-director de Tesis:

*[Firma]*  
Iván Hernández Umaña

Jurado:

*[Firma]*  
Katrin Simón-Elorz

Jurado:

*[Firma]*  
Jenny Marcela Sánchez Torres

Jurado:

*[Firma]*  
María Auxilio Osorio Lama

La optante:

*[Firma]*  
Gloria Isabel Rodríguez Lozano

Coordinador Académico:

*[Firma]*  
Iván Hernández Umaña

Representante del Comité Asesor:

*[Firma]*  
Jorge Iván Bula Escobar

ciencia y tecnología para el país

Carrera 30 No. 45-03, FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Edificio 238 Oficina 123

Teléfono (s): 57 (1) 3165361 Conmutador: 57 (1) 3165000 Ext. 16809

Telefax: 57 (1) 3165361

Correo electrónico: docce\_fcebog@unal.edu.co

Bogotá Colombia, Sur América



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
CONSEJO DE FACULTAD

(Acta No. 20 de Octubre 21 de 2009)

RESOLUCIÓN NÚMERO 419 DE 2009

"Por la cual se otorga **MENCIÓN MERITORIA** a una Tesis de Grado en el Doctorado en Ciencias Económicas de la Facultad"

EL CONSEJO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

en uso de sus atribuciones legales, y

CONSIDERANDO:

Que el Acuerdo No. 008 de 2008 del Consejo Superior Universitario, en su artículo 57, literal d), establece que la mención MERITORIA será otorgada por el Consejo de Facultad a solicitud motivada y unánime del Jurado Calificador.

Que la estudiante del Doctorado en Ciencias Económicas **GLORIA ISABEL RODRÍGUEZ LOZANO** presentó como Trabajo de Grado la Tesis titulada "*Generación de Metodología, Aplicando Data Envelopment Analysis (DEA), en el Diseño de Indicadores de Eficiencia y Productividad para la Función de Extensión de la Universidad Nacional de Colombia*", dirigida por el profesor Iván Darío Hernández Umaña y codirector Francisco Javier Arcelus de la *University of New Brunswick* (Canadá).

Que los profesores María Auxilio Osorio de la Universidad Autónoma de Puebla (México), Katrin Simon Elorz de la Universidad Pública de Navarra (España) y Jenny Marcela Sánchez Torres de la Universidad Nacional Sede Bogotá, designados como Jurados mediante la Resolución del Consejo de Facultad No. 123 del 22 de abril de 2009 y modificada mediante la Resolución 204 del 3 de Junio de 2009, presentaron a este Cuerpo Colegiado la solicitud motivada y unánime de otorgar mención Meritoria a la Tesis relacionada anteriormente.

RESUELVE:

**ARTÍCULO 1º.** Otorgar **MENCIÓN MERITORIA** a la Tesis titulada "*Generación de Metodología, Aplicando Data Envelopment Analysis (DEA), en el Diseño de Indicadores de Eficiencia y Productividad para la Función de Extensión de la Universidad Nacional de Colombia*", dirigida por el profesor Iván Darío Hernández Umaña codirector Francisco Javier Arcelus de la *University of New Brunswick* (Canadá) y presentada por la estudiante del Doctorado en Ciencias Económicas, **GLORIA ISABEL RODRÍGUEZ LOZANO**, identificada con cédula de ciudadanía No. 51608763 y código 909021.

**ARTÍCULO 2º.** Comunicar el contenido de esta disposición a través del Doctorado.

**ARTÍCULO 3º.** Enviar copia de la presente Resolución a la Coordinación del Doctorado en Ciencias Económicas y a la Oficina de Calificaciones de la Facultad, para lo de su competencia.

**ARTÍCULO 4º.** La presente Resolución rige a partir de la fecha de su expedición.

COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bogotá D.C., a los veintiún (21) días del mes de octubre de dos mil nueve (2009).

EL PRESIDENTE,

  
JORGE IVÁN BULA ESCOBAR

Meibe Cristina

EL SECRETARIO,

  
JAIME GAVILÁN VALLEJO

A: Nelson Roberto, Pablo Roberto, Nicolás Sebastián y Camilo Andrés.

Con mi más profundo amor.

## AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a mis dos codirectores de tesis:

Prof. Iván Darío Hernández Umaña Co-Director Nacional

Prof. Francisco J. Arcelus Co-Director Internacional

Por su apoyo incondicional y por sus acertados consejos.



## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. CONCEPTO DE EFICIENCIA	17
1.1 PARA LA ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	17
1.1.1 Administración científica	17
1.1.2 Administración funcional	22
1.1.3 Relaciones humanas	28
1.1.4 Modelos cuantitativos	35
1.2 PARA LA ECONOMÍA	44
1.2.1 Eficiencia en consumo	45
1.2.2 Eficiencia en producción	45
1.2.3 Eficiencia en los niveles de producción	46
1.2.4 Eficiencia técnica	46
1.2.5 Eficiencia económica o asignativa	46
2. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA	48
2.1 MODELOS PARAMÉTRICOS	52
2.1.1 Enfoque determinista	52
2.1.2 Método de máxima verosimilitud	52
2.1.3 Método de mínimos cuadrados corregidos o método de mínimos cuadrados ordinarios corregidos (MCOC)	55

2.1.4	Método de frontera estocástica (SFA)	57
2.2	MODELOS NO PARAMÉTRICOS	61
2.2.1	Data Envelopment Analysis DEA	61
2.2.2	Free Disposal Hull (FDH)	89
2.3	MODELOS PARAMÉTRICOS, MODELOS NO PARAMÉTRICOS: COMPARACIÓN	90
2.4	MODELOS SEMI-NO PARAMÉTRICOS: REDES NEURONALES ARTIFICIALES (RNA)	92
3.	LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	97
3.1	BREVE RECORRIDO HISTÓRICO	97
3.1.1	Años 80's	97
3.1.2	Años 90's	102
3.1.3	Año 2000	104
3.2	REGLAMENTACIÓN DE LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN	105
3.2.1	Nivel nacional	106
3.2.2	Nivel de sede	107
3.2.3	Nivel de facultad	109
3.3	NORMATIVIDAD EN LOS ULTIMOS AÑOS	113
3.3.1	Años 2004 y 2005	113
3.3.2	Años 2006, 2007 y 2008	117
3.4	PLANES GLOBALES DE DESARROLLO	118
3.4.1	Plan de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 1995 – 1998	118

3.4.2	Plan de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 1999 – 2003	119
3.4.3	Plan de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 2004 – 2006	121
3.4.4	Plan de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 2007 – 2009	123
3.5	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA EXTENSIÓN	124
4.	METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE INDICADORES DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD PARA LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	137
4.1	PERTINENCIA DE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)	140
4.2	EL MODELO	141
4.2.1	Delimitación de las Unidades que Toman Decisiones (DMU's)	141
4.2.2	Delimitación de las entradas (Inputs)	142
4.2.3	Delimitación de las salidas (Outputs)	144
4.2.4	Delimitación del espectro del tiempo	145
4.3	DATOS	145
4.4	INDICADORES DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN – MODELO CRS CON ORIENTACIÓN A LAS SALIDAS (CRS-OO)	152
4.4.1	Resultados	152
4.4.2	Comprobación de robustez en los resultados	154
4.5	INDICADORES DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN CON UNIDADES CATEGÓRICAS – MODELO CRS CON ORIENTACIÓN A LAS SALIDAS (CRS-OO)	163
4.5.1	Resultados	164
4.5.2	Comprobación de robustez en los resultados	172

4.5.3	Análisis de los resultados	183
4.6	PROPUESTA	204
5.	CONCLUSIONES	206
	BIBLIOGRAFÍA	209

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Consolidado de normatividad sobre Extensión.	125
Tabla 2. DMU's Consideradas.	143
Tabla 3. Factor de ponderación.	144
Tabla 4. Datos año 2002.	146
Tabla 5. Datos año 2003.	147
Tabla 6. Datos año 2004.	148
Tabla 7. Datos año 2005.	149
Tabla 8. Datos año 2006.	150
Tabla 9. Datos año 2007.	151
Tabla 10. Tabla consolidado CRS-OO.	153
Tabla 11. Resultados año 2002 categorización (CRS-OO) Y CRS-OO.	165
Tabla 12. Resultados año 2003 categorización (CRS-OO) Y CRS-OO.	166
Tabla 13. Resultados año 2004 categorización (CRS-OO) Y CRS-OO.	167
Tabla 14. Resultados año 2005 categorización (CRS-OO) Y CRS-OO.	168
Tabla 15. Resultados año 2006 categorización (CRS-OO) Y CRS-OO.	169
Tabla 16. Resultados año 2007 categorización (CRS-OO) Y CRS-OO.	170
Tabla 17. Tabla consolidado categorización CRS-OO.	171
Tabla 18. Estratificación de los resultados Modelo Categorizado CRS-OO.	183

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Frontera eficiente.	50
Figura 2. Comparación entre DEA y regresión.	68
Figura 3. Frontera eficiente con proyección.	71
Figura 4. Frontera CRS eficiente.	77
Figura 5. Frontera VRS eficiente.	80
Figura 6. Frontera eficiente CRS y VRS integradas.	80
Figura 7. Modelo BCC orientado a las entradas.	82
Figura 8. Modelo BCC orientado a las salidas.	84
Figura 9. Modelo CCR orientado a las entradas.	85
Figura 10. Modelo CCR orientado a las salidas.	87
Figura 11. Frontera FDH eficiente.	90
Figura 12. Alternativas para estimación de funciones frontera.	96
Figura 13. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Agronomía Sede Bogotá.	184
Figura 14. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Artes Sede Bogotá.	185
Figura 15. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Sede Bogotá.	186
Figura 16. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Económicas Sede Bogotá.	186
Figura 17. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Humanas Sede Bogotá.	187

Figura 18.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Derecho y Ciencias Políticas Sede Bogotá.	187
Figura 19.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Enfermería Sede Bogotá.	188
Figura 20.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ingeniería Sede Bogotá.	189
Figura 21.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Medicina Sede Bogotá.	189
Figura 22.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Medicina Veterinaria Sede Bogotá.	190
Figura 23.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Odontología Sede Bogotá.	191
Figura 24.	Índices de eficiencia y productividad Instituto de Biotecnología Sede Bogotá.	191
Figura 25.	Índices de eficiencia y productividad Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Sede Bogotá.	192
Figura 26.	Índices de eficiencia y productividad Instituto de Estudios Ambientales Sede Bogotá.	192
Figura 27.	Índices de eficiencia y productividad Instituto de Estudios de Comunicación y Cultura Sede Bogotá.	193
Figura 28.	Índices de eficiencia y productividad Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales Sede Bogotá.	194
Figura 29.	Índices de eficiencia y productividad Instituto de Genética Sede Bogotá.	194
Figura 30.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Arquitectura Sede Medellín.	195
Figura 31.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Sede Medellín.	196

Figura 32.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Agropecuarias Sede Medellín.	196
Figura 33.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Humanas Sede Medellín.	197
Figura 34.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Minas Sede Medellín.	198
Figura 35.	Índices de eficiencia y productividad Nivel Central Sede Manizales.	198
Figura 36.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Administración Sede Manizales.	199
Figura 37.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Sede Manizales.	200
Figura 38.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ingeniería y Arquitectura Sede Manizales.	200
Figura 39.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Agropecuarias Sede Palmira.	201
Figura 40.	Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ingeniería y Administración Sede Palmira.	202
Figura 41.	Índices de eficiencia y productividad Nivel Central Sede Amazonia.	202
Figura 42.	Índices de eficiencia y productividad Nivel Central Sede Orinoquia.	203
Figura 43.	Índices de eficiencia y productividad Nivel Central Caribe.	203



## RESUMEN

La extensión expresa una finalidad social de la Universidad Nacional de Colombia, relacionada definitivamente con la contribución a la comprensión y a la solución de los problemas del país, con el aporte en la formulación de políticas públicas, con el tratamiento de oportunidades y problemas concretos de agentes sociales y el desarrollo de diversas capacidades sociales.

Partiendo de una de las premisas importantes de la gestión, la cual evidencia el hecho que para perfeccionar una determinada actividad es menester el conocer a cabalidad su desempeño y adicionalmente teniendo en cuenta que aquello que no se evalúa no se conoce lo suficientemente bien como para abordar la fase de mejoramiento; esta tesis doctoral aborda el evaluar lo que al interior de la Universidad Nacional se llama la Función de Extensión en procura de entregar indicadores mediante los cuales se puedan tomar medidas eficaces para lograr un mejor desarrollo. El manejo del análisis Envoltante de Datos (Data Envelopment Analysis - DEA) garantiza el contar con indicadores únicos de desempeño que permiten tener una única medida de desempeño por cada unidad de decisión.

Esta investigación, de manera innovadora, evalúa a través de indicadores de eficiencia y productividad DEA la forma como se ha venido desarrollando la Función de Extensión en la Universidad Nacional de Colombia, considerando los recursos invertidos (horas docentes y aportes) para desarrollar esta importante actividad y los resultados obtenidos (número de proyectos, transferencias e impacto), a través de 6 años: desde 2002 a 2007. La principal razón de utilizar Análisis Envoltante de Datos (DEA) para generar los indicadores, es que suministra una única medida (indicador) comparando la gestión de todas las Facultades, Institutos y Niveles Centrales; considerando de forma integral las actividades de extensión.

Mediante el análisis hecho a cada Facultad, Instituto y Nivel Central (considerados como aquellas unidades que toman decisiones) se espera que los Decanos, Directores, Vicerrectores y Rector; tengan un panorama verdaderamente claro de cómo cada una de ellas ha manejado los recursos anteriormente mencionados. Y dado que al reunir los resultados de 6 años de este desempeño se muestra un panorama global de comportamiento de cada una de estas Unidades el cual también es importante para lograr un mejor proceso de toma de decisiones; se espera que las decisiones tomadas a partir de este análisis traigan un mejor desempeño que redunde en la optimización de los recursos y en lograr que la Universidad se posicione como líder cada vez de mejor manera en cuanto a hacer de las actividades de extensión una fortaleza para lograr contribuir a la solución real de las problemáticas nacionales.

## INTRODUCCIÓN

Esta tesis doctoral se convierte en el primer documento de investigación en el cual se expone la metodología para establecer indicadores relativos de eficiencia y productividad para las actividades de extensión en la Universidad Nacional de Colombia. Aunque su aplicación es en esta Universidad, esta metodología está diseñada de tal manera que se puede desarrollar al interior de cualquier universidad interesada en conocer el desempeño de aquellas unidades administrativas y/o académicas encargadas de adelantar este tipo de actividades; con la virtud de lograr integrar en un solo número este desempeño (en términos porcentuales) considerando la variedad, en los recursos y en los resultados, propia de estas actividades.

La necesidad de contar con indicadores en las diferentes actividades desarrolladas al interior de una organización, no es extraña a las universidades; pero todas las organizaciones se ven abocadas a solucionar el mismo problema y es que para una misma actividad compleja se tiene toda una lista de indicadores con los cuales es difícil el tomar decisiones acertadas puesto que esta lista puede ser más o menos larga y en determinados momentos con resultados bastante diferentes y se emprende entonces un proceso en el cual algunos indicadores pasan a segundo y/o tercer plano para poder llegar a determinar las actuaciones en procura de mejorar la actividad en cuestión. La metodología expuesta en esta investigación cuenta con la fortaleza de, mediante un solo indicador, evaluar el desempeño de Facultades, Institutos y Niveles Centrales en cuanto a lo que al interior de la Universidad Nacional de Colombia se conoce como la Función de Extensión. Este indicador es un indicador relativo, el cual se genera mediante la aplicación de una técnica de programación lineal avanzada llamada Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis DEA).

El Análisis Envolvente de Datos se ha venido aplicando en la concepción de indicadores de eficiencia y productividad en un gran número de organizaciones y con especial atención específicamente en las Universidades, pero siempre estudiando las actividades de investigación y de docencia. Teniendo en cuenta que este documento se ocupa del estudio de la tercera actividad fundamental que define el quehacer en el mundo universitario, se convierte entonces en una primera propuesta para abordar de diferente manera su evaluación, dejando atrás los indicadores tradicionales. Adicionalmente facilitando el proceso de toma de decisiones para los Decanos, Directores, Vicerrectores e incluso el mismo Rector.

Ampliando aún más el campo de aplicación de los resultados de esta investigación, se podría pensar en su aplicación ya no solo al interior de las Universidades, sino adicionalmente comparando las Universidades entre ellas; de tal manera que se tendría una serie de indicadores comparativos (pero solo uno para cada Universidad) abarcando todas las Universidades del país. De tal manera que se pasaría a facilitar la toma de decisiones en la esfera del gobierno por cuanto es allí donde se estructura el sistema educativo nacional.

## 1. CONCEPTO DE EFICIENCIA

En términos generales dentro del contexto de la Administración de Empresas y de la Economía, es aceptado que la eficiencia tiene que ver directamente con el empleo de los recursos y/o con las decisiones que se tomen en torno a esta utilización; de tal manera que se puede llegar a establecer que para estas disciplinas, eficiencia se puede definir como la capacidad de hacer el mejor uso posible de los medios disponibles para lograr un determinado resultado. Principio igualmente aplicable desde lo micro y hasta lo macro: empresa, industria y economía.

Sin embargo a pesar de las similitudes que puedan existir respecto a las premisas sobre la eficiencia, también existen algunas diferencias atribuibles principalmente a diferencias disciplinares y a sus desarrollos históricos particulares.

### 1.1 PARA LA ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

En este contexto la gerencia es entendida como un proceso que despliega principios y funciones claves, siendo finalmente quien debe responder por el éxito o fracaso de una organización o empresa; para esto se considera que la administración cuenta con un conocimiento organizado y acumulativo, y que es a través de este conocimiento científico que se obtienen mejoras en su práctica.

Históricamente, se puede considerar que, la evolución del pensamiento administrativo se ha dividido fundamentalmente en cuatro etapas: la Administración Científica (o enfoque racional-científico) en donde se consideraba que la eficiencia había que buscarla en los procesos de producción, la Administración Funcional donde el énfasis se realizó en el estudio de la estructura organizacional y sus funciones, de tal manera que la eficiencia tenía una relación directa con ellas; el enfoque de las Relaciones Humanas donde el factor humano es el que se consideró como el elemento esencial de la gestión y por tal motivo el principal contributor a la eficiencia; y por último la etapa en la que se podría considerar que están contenidas las corrientes modernas con sus diferentes énfasis en modelos de tipo matemático.

1.1.1 Administración Científica Un acontecimiento marcó la diferenciación definitiva entre propietarios y administradores: la aparición en el medio empresarial de las sociedades por acciones; trayendo como consecuencia aspectos relacionados con el aumento de la

complejidad en el manejo de las materias primas e insumos, en la determinación de los costos, en la organización interna de la fábrica entre otros, y por ende la necesidad de control de la producción y la preocupación por su eficiencia; puesto que se genera una nueva necesidad, que es la de garantizar la recuperación de la inversión y la rentabilidad para sus accionistas. De tal manera que los esfuerzos de la gerencia estuvieron centrados, por una parte, en llegar a determinar las mejores acciones para enfrentar y salir adelante de los problemas generados por los altos volúmenes comparativos de producción; y por otra en el aumento de la productividad. Así es que el énfasis en la producción (hoy llamada Administración de Operaciones) era algo apenas lógico y quienes lo enfrentaron fueron prioritariamente ingenieros mecánicos los cuales tenían una relación directa con el proceso productivo; según George<sup>1</sup> quienes a la postre han sido reconocidos como los precursores de esta forma de abordar la problemática empresarial, algunos de ellos: Henry Poor (1812-1905), Daniel McCallum (1815-1878), Henry R. Towne (1844-1924), Henry Metcalfe (1847-1917), Frederick Hasley, Frederick W. Taylor (1856-1915), Frank B. Gilbreth (1868-1924), Lillian M. Gilbreth (1878-1972), Henry L. Gantt (1861-1919), Harrington Emerson (1853-1913) y Harlow S. Person (1875-1955). Estos ingenieros, aplicando el método científico, contribuyeron a generar los fundamentos y principios de la gerencia racional-científica; que aunque su periodo de gestación se podría ubicar a partir de los años 80 del siglo antepasado, es realmente en el año 1900, con los primeros escritos de Frederick W. Taylor, cuando se reconoce el inicio de esta escuela. A continuación se muestran algunos de los lineamientos básicos propuestos por algunos de ellos.

Harrington Emerson: Para Duncan<sup>2</sup> es *El gran sacerdote de la eficiencia*. Como ingeniero consultor realizó investigaciones económicas y de ingeniería para los ferrocarriles de Burlington, Atchison, Topeka y Santa Fe, introduciendo sistemas para el registro contable de los costos y las operaciones ferrocarrileras. También ha sido llamado el *primer ingeniero de la eficiencia*. En 1908 escribió *La Eficiencia como base de las operaciones y los salarios*, en donde proponía que el problema de la ineficiencia humana se podía solucionar prioritariamente de dos maneras: procurando que los trabajadores den el máximo de lo que cada uno de ellos pueda hacer y generando formas para establecer objetivos que demanden el mayor desempeño. Adicionalmente, hizo una relación directa entre eficiencia y el tamaño de la empresa, señalando que cuando las plantas llegan a ser tan grandes y complejas que ya no pueden ser gestionadas correctamente, hay que acudir a la descentralización; es decir a la reducción del tamaño, hasta que se encuentre el tamaño óptimo de planta. En términos filosóficos se refería a que si los humanos pudiesen ser tan eficientes, como la naturaleza, no debería existir la pobreza; y que la eficiencia no podría ser alcanzada por los trabajadores sobrecargados de trabajo, mal pagos y brutalizados; de tal manera que fue consecuente con su propuesta de que: la eficiencia se alcanza cuando el objeto correcto se

---

<sup>1</sup> GEORGE, Claude S. Historia del Pensamiento Administrativo. México: Pearson Educación, Prentice Hall, 2005, p.76.

<sup>2</sup> DUNCAN, W. Jack. Grandes ideas en la dirección de empresas: Lecciones de los fundadores y de los fundamentos de la práctica directiva. Madrid: Ed. Díaz de Santos, 1991, p.29.

hace de manera correcta, por el empleado adecuado, en el lugar y el tiempo pertinentes. En 1913 escribe el libro *Los doce principios de la eficiencia*, que de manera resumida serían así:

1. Saber lo que se está tratando de lograr.
2. Sentido común para distinguir entre los árboles y el bosque.
3. Buscar el consejo de personas competentes.
4. Obediencia estricta.
5. Rectitud y justicia.
6. Tomar decisiones teniendo como base los hechos.
7. Planificación científica de todas las actividades, integrándolas hacia un mismo fin.
8. Fijar un método y un tiempo estándar para ejecutar las tareas.
9. Uniformidad en las condiciones del medio ambiente.
10. Uniformidad del método.
11. Instrucciones por escrito de la práctica-estándar.
12. Recompensa de la ejecución exitosa.

Frank B. Gilbreth y Lillian M. Gilbreth: El fundamento de cómo ellos entendían y se debía practicar la gerencia racional-científica estaba en la medición: para lograr y mantener la eficiencia era totalmente obligatorio el obtener una medida real sobre todos y cada uno de los métodos de trabajo adelantados en una planta de producción. La aplicación de la ciencia a los métodos de trabajo implicaba entonces el registrar, medir, evaluar, establecer y conservar aquello que se considerara lo mejor de la ejecución en un momento determinado y bajo unas condiciones dadas. Para posteriormente realizar lo que ellos denominaron: la homogeneización de los métodos de trabajo para una misma labor en un determinado tiempo; para constituir así un proceso que garantizaría un progreso serio, constante, acumulativo, permanente y duradero en particular para la empresa y en general para una Nación. Estas ideas fueron explicitadas por primera vez en el documento titulado: *La ciencia de la administración enfocada a la mejor forma de realizar el trabajo*, y expuestas en Milán, Italia en 1922.

Henry Lawrence Gantt: En su propuesta destacó que el punto más importante de cómo manejar y establecer la eficiencia radicaba en el estudio del comportamiento del trabajador, es decir que lo que realmente debería ser importante eran los sujetos que ejecutaban los procesos y no los procesos o los métodos a los cuales ellos recurrían en su trabajo. En 1908 presentó, ante la American Society of Mechanical Engineers- ASME-, su trabajo: *Entrenamiento de los obreros en hábitos de diligencia y colaboración*. En dicho documento señaló: "la buena disposición para emplear los métodos y habilidades correctos, es tan importante como el conocer los métodos y poseer dichas habilidades"<sup>3</sup>. Otro planteamiento seminal fue el de establecer que aquella práctica administrativa de forzar el trabajo debería

---

<sup>3</sup> MERRIL, Harwood F. Clásicos en administración. México: Limusa: Noriega Editores. Primera Edición, 1988, p.111.

ser reemplazada por actividades de instrucción y dirección; haciendo extensivo este principio de educación a los propietarios y administradores de las empresas.

Frederick W. Taylor: Indiscutiblemente el *Padre de la Administración Científica*, fue reconocido también como inventor llegando a registrar aproximadamente 50 patentes sobre máquinas, herramientas y procesos de trabajo. Hizo la primera presentación de sus trabajos ante la American Society of Mechanical Engineers –ASME–, con un estudio experimental llamado: *A note on Belting*; posteriormente publicó: *A piece rate system*, en el cual describía un sistema de administración y dirección argumentando que éste debería ser el principio básico fundamental de cualquier modalidad con criterios técnicos de remuneración para los trabajadores. Ya retirado de la práctica profesional, publicó sus libros: *Shop Management* y *Principles of Scientific Management*. La totalidad de los autores reconocen en Taylor la capacidad de organizar y articular las propuestas de sus colegas antecesores, enfocando la atención en demostrar que la Administración Científica no solo era un sistema que aplicado mantenía los costos estables y suministraba una técnica para realizar estudios de tiempos; sino que era para esa época no solo un novedoso esquema de eficiencia, pero prioritaria y relevantemente una completa revolución mental que aportaba un cambio de actitud mental hacia el trabajo. Dentro de sus planteamientos, expuso como fundamentos de la Administración Científica:

1. Empleados y patrones no son actores antagónicos, sino protagónicos del sistema de producción.
2. Solo la elevación de la eficiencia en la producción puede asegurar la máxima prosperidad para el patrón y para los empleados. La máxima prosperidad entendida como lograr un elevado nivel de excelencia de forma general, sostenida y constante en la sociedad.
3. Producir eficientemente quiere decir, trabajar con calidad, y ello implica que el trabajo de la fábrica se debe realizar con el gasto mínimo de esfuerzo humano, de recursos naturales, con el desgaste mínimo de recursos: maquinaria, herramientas, edificio, etc.

Cuatro fueron los principios que propuso como fundamento de la eficiencia en la gerencia racional-científica:

1. Reemplazo del empirismo por el conocimiento científico. Esto es reunir, analizar, codificar y organizar todos los datos empíricos existentes en la empresa.
2. Selección y entrenamiento científicos del trabajador, de tal manera que se pueda desarrollar su acervo al máximo posible para su prosperidad y la de la empresa.
3. Dirección del trabajo teniendo como base la colaboración de los trabajadores.

4. La gerencia debe asumir su responsabilidad de planear y dirigir el trabajo e inspirar a los trabajadores a ejecutarlo conforme a sus bases científicas.

Haciendo un recuento de lo dicho hasta el momento sobre la Administración Científica, se puede establecer que efectivamente los empíricos-autores relacionados anteriormente cimentaron los principios básicos fundamentales que generaron de su propia experiencia y que tuvieron la capacidad de plasmarlos en propuestas metodológicas serias y ordenadas; empezando con Emerson quien estableció en su momento un concepto que se podía considerar moderno de lo que debería ser la eficiencia y los principios que habrían de garantizar su alcance. Siendo consecuentes con el empirismo característico en ellos los esposos Gilbreth proponen herramientas para operativizar los aspectos propuestos hasta ese momento y que aún hasta el día de hoy siguen siendo considerados como base de las técnicas modernas de métodos y procedimientos que se aplican en toda organización. Luego Gantt realiza su aporte adicionando una arista diferente y complementaria al análisis: el comportamiento de los trabajadores en su sitio de trabajo y el impacto de no tener en cuenta esta variable en la eficiencia. Luego están los aportes de Taylor que son considerados en una buena medida la base del management moderno. Es evidente la vigencia que tienen todos estos aspectos teniendo en cuenta que la eficiencia, la mejor forma de lograrla y las formas de medirla son temas actuales dado el alto grado de competitividad existente en el medio ambiente organizacional. Para reforzar esta conclusión, es pertinente aportar los 8 puntos que Dillanés<sup>4</sup> aporta como resumen de la Gerencia Racional-Científica:

1. La Gerencia racional-científica tiene como objetivo fundamental: el logro de la eficiencia.
2. La eficiencia no es un resultado natural de los métodos de trabajo. Se determina por normas y estándares, cuantificables y medibles. Los detalles no son irrelevantes, son lo fundamental.
3. El logro de una eficiencia real y sostenida requiere ante todo del deseo y colaboración de los actores del proceso.
4. La Administración debe verse como una ciencia y no como una actividad empírica, esto es, que la improvisación debe dejarse de lado y dar paso a la medición, al entrenamiento y en general a la planeación y organización del trabajo.
5. Si la eficiencia es el objetivo de la Administración, entonces las tareas de la gerencia se ubican en el proceso de producción: los métodos de trabajo deben medirse, estandarizarse y de ello derivar la división de las labores y la especialización de los trabajadores.
6. Los trabajadores deben entrenarse para poder dominar el mejor método de trabajo.
7. La motivación primaria de los individuos hacia el trabajo es el estímulo económico.

---

<sup>4</sup> DILLANÉS CISNEROS, María Estela. La gerencia racional-científica: en busca de la eficiencia. En: Historia del management. [en línea]. [consultado 30 oct. 2008]. Disponible en <[www.azc.mx/publicaciones/gestión/num.6.](http://www.azc.mx/publicaciones/gestión/num.6.)>



8. La característica principal de los trabajadores científicamente capaces para el trabajo fabril es su capacidad de obediencia y subordinación.

Como conclusión se puede llegar a determinar que se ha expuesto lo que aquí se han considerado como los lineamientos básicos dentro de lo denominado como Administración Científica en lo que se refiere a la eficiencia y la forma en que se proponía se debería trabajar para lograrla. De tal manera que se considera que ha quedado claro que para la mayoría de los autores de la Administración Científica, predominó el concepto del hombre económico, según el cual el hombre es motivado e incentivado por estímulos salariales y económicos. De allí se deriva el hecho de que casi todos los precursores de la administración científica hayan elaborado un plan de incentivo salarial para evaluar la eficiencia y bajar los costos operacionales; de tal manera que si se elegía un buen método, se seleccionaba el ejecutor adecuado –de acuerdo con sus características físicas y se ofrecía un esquema de remuneración basado en la producción –que aumentara proporcionalmente la eficiencia del empleado; este produciría el máximo posible hasta el límite de su capacidad fisiológica, si las condiciones ambientales lo permitían.

1.1.2 Administración Funcional Hace énfasis en la estructura y el funcionamiento de la organización como medios para incrementar la eficiencia de las empresas y basa su enfoque de arriba hacia abajo, es decir, del todo hacia sus partes; considerando la estructura como el eje que rige la autoridad, la responsabilidad, la coordinación, el mando y las comunicaciones. Es necesario anotar que tanto la primera como esta segunda etapa perseguían el mismo objetivo: la búsqueda de la eficiencia de las organizaciones; pero evidentemente estudiando la problemática desde dos aspectos diferentes pero finalmente complementarios. No obstante, también son coincidentes en la forma como se desarrollaron sus principios fundamentales: es decir, desde la praxis. Dentro de los principales aportantes están: Henry Fayol (1841-1925), Max Weber (1864-1920), Mary Parker Follet (1868-1933), Chester I. Barnard (1886-1961), Lyndall Urwick (1891-1984), Luther Gulick (1892-1983).

Henry Fayol: Es considerado *El padre de la administración moderna*. Sus estudios parten de un enfoque sintético, global y universal de la empresa, lo cual inicia la concepción anatómica y estructural de la organización, que contrastó rápidamente con la visión analítica y concreta de Taylor. Se gradúa de Ingeniero de Minas a los 19 años. Expuso su teoría en su famoso libro *Administration industrielle et générale* publicado en París en 1916 como producto de más de 50 años de observación, estudio y práctica de la actividad administrativa en las empresas. Fue el primero en sistematizar el comportamiento gerencial, dividiendo las operaciones industriales y comerciales en seis grupos que se denominaron Funciones Básicas de la Empresa:

- Funciones Técnicas: relacionadas con la producción de bienes.
- Funciones Comerciales: relacionadas con la compra, venta e intercambio.

- Funciones Financieras: relacionadas con la búsqueda y gerencia de capitales.
- Funciones de Seguridad: relacionadas con la protección y preservación de los bienes y las personas.
- Funciones Contables: relacionadas con los inventarios, registros, balances, costos y estadísticas.
- Funciones Administrativas: relacionadas con la integración de las otras cinco funciones.

De estas, la Función Administrativa fue considerada en ese momento como la más importante, desglosándola en:

Planificación: consiste en visualizar el futuro y trazar el programa de acción.

Organización: es construir tanto el organismo material como el social de la empresa.

Dirección: consiste en guiar y orientar al personal.

Coordinación: es unir y armonizar todos los actos y los esfuerzos colectivos.

Control: consiste en verificar que todo suceda de acuerdo con las reglas establecidas y las órdenes dadas.

Se considera que desde el punto de vista conceptual, el trabajo de Fayol resalta en:  
La noción de Proceso Administrativo y La idea de Funciones de la Empresa.

El proceso administrativo está regido por los principios administrativos que consideró eran aplicables no solo en las empresas dedicadas a la manufactura, sino en todas las formas de organización humana. Cuyo número consideró ilimitado, pero que propuso resumirlos en los siguientes 14:

1. La División del Trabajo: Es el orden natural, el obrero que fabrica todos los días la misma pieza y el jefe que trata constantemente los mismos negocios, adquieren una habilidad, una seguridad y una precisión que acrecienta su rendimiento. Cada cambio de ocupación o de tarea implica un esfuerzo de adaptación que disminuye la producción.

2. La Autoridad: Consiste en el derecho de mandar y en el poder de hacerse obedecer. Se distingue en un jefe la autoridad legal inherente a la función y la autoridad personal formada de inteligencia, de saber, de experiencia, de valor moral, de aptitud de mando, entre otras.

3. La Disciplina: Consiste esencialmente en la obediencia, la actividad, la presencia y los signos exteriores de respeto realizado conforme a las convenciones establecida entre la empresa y sus agentes. Para Fayol dicho concepto se expresa en el mundo militar y se debe tener en cuenta el concepto de convenio para llegar a la armonía en la organización y el cumplimiento cabal de las normas.

4. La Unidad de Mando: Cada empleado debe recibir instrucciones de una sola persona. Fayol pensaba que si un empleado dependía de más de un gerente, habría conflictos en las instrucciones y confusión con la autoridad.

5. La Unidad de Dirección: Las operaciones de la organización con el mismo objetivo deben ser dirigidas por un solo gerente y con un solo plan.

6. La Subordinación de los Intereses Particulares al Interés General: Este principio recuerda que en una empresa el interés de un agente o de un grupo de agentes, no debe prevalecer contra el interés de la empresa.

7. La Remuneración: Constituye el precio del servicio prestado. Debe ser equitativa y en todo lo que sea posible, dar satisfacción a la vez al personal y a la empresa, al empleador y al empleado.

8. La Centralización: Al reducir la participación de los subordinados en la toma de decisiones se centraliza; al aumentar su papel en ella se descentraliza. Fayol pensaba que los gerentes debían cargar con la responsabilidad última, pero que al mismo tiempo debían otorgar a sus subalternos autoridad suficiente para realizar su trabajo adecuadamente. El problema radica en encontrar el grado de centralización adecuado en cada caso.

9. La Jerarquía: Está constituida por una serie de jefes que van desde la autoridad superior a los agentes inferiores. La vía jerárquica es el camino que siguen, pasando por todos los grados de la jerarquía, las comunicaciones que parten de la autoridad superior a las inferiores.

10. El Orden: Los materiales y las personas deben estar en el lugar adecuado en el momento indicado. Las personas, sobre todo, deben realizar los trabajos y ocupar los cargos más adecuados para ellas.

11. La Equidad: Para Fayol, la justicia es la realización de los convenios adquiridos; anhelo de igualdad y equidad son aspiraciones que deben tenerse en cuenta en el trato con el personal.

12. La Estabilidad del Personal: Un agente necesita tiempo para iniciarse en una función nueva y llegar a desempeñarla bien, admitiendo que esté dotado de las aptitudes necesarias. Si el agente es desplazado cuando apenas ha concluido su etapa de aprendizaje, no habrá tenido tiempo de rendir un trabajo apreciable.

13. La Iniciativa: Una de las más vivas satisfacciones que puede experimentar el hombre inteligente es concebir un plan y asegurar un buen éxito; es uno de los más poderosos estimulantes de la actividad humana. Esta posibilidad de concebir y ejecutar recibe el nombre de iniciativa. La libertad de proponer y de ejecutar son, elementos componentes de la iniciativa. En todos los niveles de la escala social, el celo y la actividad de los agentes son acrecentados por la iniciativa. La iniciativa de todos, es una gran fuerza para las empresas.

14. La unión del personal: La unión hace la fuerza.

Max Weber: Sociólogo alemán, sus primeras investigaciones versaron sobre temas económicos, algunas de ellas realizadas por cuenta de los intelectuales reformistas conocidos como «socialistas de cátedra». En 1909 fundó la Asociación Sociológica Alemana. Fue un gran renovador de las ciencias sociales en varios aspectos incluyendo la metodología, el primer fruto de la aplicación de este método fue su obra sobre *La ética*

*protestante y el espíritu del capitalismo* (1905). En términos generales, puede decirse que Weber se esforzó por comprender las interrelaciones de todos los factores que el pensaba confluían en la construcción de una estructura social; y en particular reivindicó la importancia de los elementos culturales y las mentalidades colectivas en la evolución histórica, rechazando la exclusiva determinación económica defendida por Marx y Engels. Frente a la prioridad de la lucha de clases como motor de la historia en el pensamiento marxista, Weber prestó más atención a la racionalización como clave del desarrollo de la civilización: un proceso guiado por la racionalidad instrumental plasmada en la burocracia. Todos estos temas aparecen en su obra póstuma *Economía y sociedad* (1922). Dice en sus escritos: "La experiencia tiende a demostrar universalmente que el tipo de Organización administrativa puramente burocrático, es decir, la variedad monocrática de burocracia es, desde un punto de vista técnico, capaz de lograr el grado más alto de eficiencia, y en este sentido es el medio formal más racional que se conoce para lograr un control efectivo sobre los seres humanos. Es superior a cualquier otra forma en cuanto a precisión, estabilidad, disciplina y operabilidad. Por tanto, hace posible un alto grado en el cálculo de resultados para los dirigentes de la Organización y para quienes tienen relación con ella. Finalmente, es superior tanto en eficiencia como en el alcance de sus operaciones, y es formalmente capaz de realizar cualquier tipo de tareas administrativas". Dentro de su propuesta de Modelo Burocrático, la burocracia es la organización eficiente por excelencia, la organización llamada a resolver racional y eficientemente los problemas de las empresas y, por extensión, de la sociedad. La organización burocrática está diseñada científicamente para funcionar con exactitud, precisamente para lograr los fines para los cuales fue creada, no más, no menos. Para conseguir esta eficiencia planeada, el modelo burocrático necesitaba detallar y precisar por anticipado cómo se deben hacer las cosas.

Mary Parker Follet: Fue una de las creadoras del marco básico de este lineamiento, introdujo muchos elementos nuevos sobre todo en el campo de las relaciones humanas y la estructura de la organización. En este sentido, fue la iniciadora de tendencias que posteriormente se desarrollarían más en las escuelas de las ciencias del comportamiento. Estaba convencida de que ninguna persona podría sentirse completa a no ser que formara parte de un grupo y que los humanos crecían gracias a sus relaciones con otros miembros de las organizaciones. De hecho, afirmaba que la administración era "el arte de hacer las cosas mediante personas". Compartía su pensamiento con Taylor, en el sentido que los obreros y los patrones compartían un fin común como miembros de la misma organización, pero pensaba que la diferencia entre los administradores (que daban las órdenes) y los subordinados (que aceptaban las órdenes) oscurecía su asociación natural. Creía firmemente en la fuerza de grupo, en el cual los individuos podían combinar sus diversos talentos para lograr algo mayor. Su modelo de control "holístico" no sólo tomó en cuenta a las personas y los grupos, sino también las consecuencias de factores del entorno, como la política, la economía y la biología; fue un importante antecedente del concepto de que la administración significa algo más que lo que ocurre en una organización cualquiera. Al incluir explícitamente el entorno de la organización en su teoría, preparó el camino para que la teoría de la administración incluyera una serie más amplia de relaciones, algunas dentro de la organización y otras más allá de sus fronteras. *En compañía de la*

estadounidense Lilian M. Gilbreth y la inglesa Joan Woodward, formaron, hasta finales de los años sesenta, el trió femenino más famoso de la administración.

Chester I. Barnard: Introdujo elementos que serían desarrollados por escuelas posteriores. Asumió la presidencia de Bell del Nueva Jersey en 1927, aprovechó su experiencia laboral y sus vastos conocimientos de sociología y filosofía para formular teorías sobre las organizaciones: las personas se reúnen en organizaciones formales para alcanzar fines que no pueden lograr trabajando solas; sin embargo, mientras persiguen las metas de la organización, también deben satisfacer sus necesidades individuales. Así, llegó a su tesis principal: una empresa sólo podrá funcionar en forma eficiente si las necesidades de los individuos que trabajan en ella (propietarios y trabajadores) son cubiertas. Así, estaba estableciendo el principio de que la gente puede trabajar con relaciones estables y benéficas, para las dos partes. Reconoció la importancia y la universalidad de la “organización informal” significando una contribución importantísima para el pensamiento de la administración. También pensaba que los fines personales podrían guardar equilibrio con los de la organización si los gerentes entendían la franja de indiferencia de los empleados; es decir, aquello que los empleados harían sin cuestionar la autoridad del gerente. Evidentemente, cuanto mayor la cantidad de actividades que cupieran dentro de la zona de indiferencia de los empleados (lo que aceptaría el empleado), tanto mayor la cooperación y la ausencia de problemas en una organización. Adicionalmente, también pensaba que los ejecutivos tenían la obligación de imbuir en sus empleados un sentimiento a favor de fines morales. Para ello, tendrían que aprender a pensar en forma que trascendiera su estrecho interés, para establecer un compromiso ético con la sociedad. Aunque Barnard habló de la importancia de los gerentes ejecutivos, también prestó bastante atención al papel del trabajador individual “como factor estratégico básico de la organización”. Al ir más allá y establecer que la organización es una empresa en la que cooperan individuos que trabajan reunidos en forma de grupos, montó el escenario para el desarrollo de gran parte del pensamiento actual de la administración.

Lyndall Urwick: Fué consultor de negocios y pensador influyente en el Reino Unido. Escribió un libro llamado *Los elementos de administración del negocio* (The Elements of Business Administration) el cual fue publicado en 1943. Estuvo al servicio activo en los fosos durante la primera Guerra mundial, llegando al rango de comandante y siendo condecorado con la cruz militar, por lo que su respeto por el entrenamiento militar afectaría posteriormente su visión sobre la gerencia. Luego de la guerra, se unió al negocio de su padre, y fue empleado por Seebohm Rowntree cabeza de las compañías de chocolates de York y filántropo progresista. Su papel consistió en asistir en la modernización de la compañía, aplicando su propio pensamiento, el cual tenía dos influencias principales: una fue el trabajo de Frederick Taylor con su concepto de la administración científica, y la otra contrapesándolo en la humanidad de la gerencia Maria Parker Follet. Su creciente reputación como pensador Británico en gerencia y administración le merecieron una cita en 1928 como director del Instituto Internacional de Gerencia en Ginebra; este instituto duró poco tiempo cerrando en 1933, pero le proporcionó la oportunidad de discutir sobre sus

libros. Una de sus crecientes preocupaciones era la carencia de la educación en gerencia en Gran Bretaña, estuvo implicado en las discusiones más tempranas para lo que se convirtió en 1948, en la Universidad del Personal Administrativo. Su propia visión de la educación requerida no estaba acorde con la de la universidad en ese tiempo, la cual se concentraba en un curso de tres meses para ejecutivos establecidos. Él prefería algo mucho más cercano al modelo de la escuela americana del negocio, con cursos más largos y dirigidos a los estudiantes antes de obtener experiencias. Dentro de su propuesta desdobló los elementos de la administración en siete funciones: investigación, previsión, planeamiento, organización, coordinación, mando y control. Estos elementos o funciones constituían la base de una buena organización, toda vez que una empresa no puede desarrollarse en torno a personas, sino a su organización.

Luther Gulick: Fue director del Instituto de Administración Pública de la Universidad de Columbia y miembro del Comité de Asesoría Administrativa del presidente Roosevelt; el cual tenía como objetivo el reformar y reorganizar la burocracia federal de Estados Unidos. Desarrolló lo que se conoce como POSDCORB, por las iniciales en inglés, de su propuesta en cuanto a los siete elementos como las principales funciones del administrador:

- 1.- PLANEAMIENTO (PLANNING): es la tarea de trazar las líneas generales de las cosas que deben ser hechas y los métodos para hacerlas, con el fin de alcanzar los objetivos de la empresa.
- 2.- ORGANIZACION (ORGANIZING): es el establecimiento de la estructura formal de autoridad, a través de la cual las subdivisiones de trabajo son integradas, definidas y coordinadas para el objetivo en cuestión.
- 3.- ASESORIA (STAFFING): prepara y entrena el personal y mantiene condiciones favorables de trabajo.
- 4.- DIRECCION (DIRECTING): tarea continua de tomar decisiones e incorporarlas en órdenes e instrucciones específicas y generales; funciona como líder en la empresa.
- 5.- COORDINACIÓN (COORDINATING): establece relaciones entre las partes del trabajo.
- 6.- INFORMACION (REPORTING): esfuerzo de mantener informados respecto a lo que pasa, aquellos ante quienes el jefe es responsable, esfuerzo que presupone naturalmente la existencia de registros, documentación, investigación e inspecciones.
- 7.- PRESUPUESTACION (BUDGETING): función que incluye todo lo que se dice respecto a la elaboración, ejecución y fiscalización presupuestarias, el plan fiscal, la contabilidad y el control.

Las propuestas realizadas dentro de lo que aquí se ha denominado la Administración Funcional han ayudado a comprender la forma como la eficiencia se ha trabajado y las diferentes propuestas para alcanzarla, tanto es así que los autores han realizado propuestas aún vigentes en este momento como lo que hace referencia a las nociones del Proceso Administrativo y de las diferentes Funciones al interior de las organizaciones y de lógica la

mejor forma de manejarlas para lograr alcanzar la eficiencia. Adicionalmente el Modelo Burocrático de Weber planteó una organización eficiente por excelencia cuyos cimientos están en el “como” se deben hacer las cosas y en este momento también se planteó la imperiosa necesidad de educar a los futuros gerentes colocando la praxis en un segundo escenario. De tal manera que se agrega un ingrediente adicional al estudio de la eficiencia en cuanto a que ella ya no solo depende del comportamiento del “individuo económico”; esto quiere decir entonces que existe por lo menos un nuevo e importante aspecto a estudiar que es la conformación de la organización a su interior y el “ordenamiento” previamente determinado con el que debe contar, para lograr una compatibilidad tal que garantice se obtenga la tan ansiada eficiencia.

Este apartado ha sido extractado de los siguientes libros: Claude S. George. Historia del Pensamiento Administrativo, segunda edición, México: Pearson Educación Prentice Hall 2005. Chiavenato, Idalberto. Introducción a la Teoría General de la Administración, México: Mc Graw Hill. Séptima Edición, 2006. Koontz, Harold y Weihrich Heinz, Elementos de Administración: enfoque internacional, México: Mc Graw Hill. Séptima Edición, 2007. Robbins, Stephen y De Cenzo David A., Fundamentos de Administración: Conceptos esenciales y aplicaciones, México: Pearson Educación, Tercera Edición, 2002. Da Silva Reinaldo O., Teorías de la administración, México: Thomson, 2002.

1.1.3 Relaciones Humanas También llamado el Enfoque Humanístico; se considera que en el momento de su aparición promovió una verdadera revolución conceptual en la teoría administrativa: puesto que si hasta ese momento el énfasis se había hecho por una parte en la tarea (la administración científica) y por la otra en la estructura organizacional (la teoría clásica de la administración), ahora se haría en las personas que trabajan o participan en las organizaciones. En el Enfoque Humanístico, la preocupación por la máquina y el método de trabajo, por la organización formal y los principios de administración aplicables a los aspectos organizacionales ceden la prioridad a la preocupación por el hombre y su grupo social: de los aspectos técnicos y formales se pasa a los aspectos psicológicos y sociológicos. Aparece con la teoría de las relaciones humanas en los Estados Unidos, a partir de la década de los años treinta. Su nacimiento fue posible gracias al desarrollo de las ciencias sociales, principalmente de la psicología, y en particular de la psicología del trabajo, surgida en la primera década del siglo XX, la cual se orientó principalmente hacia dos aspectos básicos que ocuparon otras tantas etapas de su desarrollo:

Análisis del trabajo y adaptación del trabajador al trabajo: En esta primera etapa dominaba el aspecto meramente productivo. El objetivo de la psicología del trabajo o psicología industrial, para la mayoría era la verificación de las características humanas que exigía cada tarea por parte de su ejecutante, y la selección científica de los empleados basada en esas características. Esta selección científica se basaba en pruebas. Durante esta etapa los temas predominantes en la psicología industrial eran la selección de personal, la orientación profesional, los métodos de aprendizaje y de trabajo, la fisiología del trabajo y el estudio de

los accidentes y la fatiga. La segunda etapa, Adaptación del trabajo al trabajador, se caracterizó por la creciente atención dirigida hacia los aspectos individuales y sociales del trabajo, con cierto predominio de estos aspectos sobre lo productivo, por lo menos en teoría. Los temas predominantes en esta segunda etapa fueron el estudio de la personalidad del trabajador y del jefe, el estudio de la motivación y de los incentivos de trabajo, del liderazgo, de las comunicaciones, de las relaciones interpersonales y sociales dentro de la organización.

La gran depresión económica que azotó el mundo alrededor de 1929 intensificó la búsqueda de la eficiencia en las organizaciones. Aunque esa crisis se originó en las dificultades económicas de los Estados Unidos y en la dependencia de la mayor parte de los países capitalistas de la economía estadounidense, provocó indirectamente una verdadera reelaboración de conceptos y una reevaluación de los principios de la administración hasta entonces aceptados. El enfoque humanístico de la administración comenzó poco después de la muerte de Taylor; sin embargo solo encontró enorme aceptación en los Estados Unidos a partir de los años treinta. Su divulgación fuera de este país ocurrió mucho después de finalizada la Segunda Guerra Mundial. Se considera como su principal exponente a Elton Mayo (1880-1949) -es más como su fundador- y surgió en los Estados Unidos como consecuencia inmediata de los resultados obtenidos en el experimento de Hawthorne.

Se considera como las cuatro principales causas del surgimiento de la teoría de las relaciones humanas las siguientes:

1. Necesidad de humanizar y democratizar la administración, liberándola de los conceptos rígidos y mecanicistas.
2. El desarrollo de las llamadas ciencias humanas, en especial la psicología y la sociología, así como su creciente influencia intelectual y sus primeros intentos de aplicación a la organización industrial.
3. Las ideas de la filosofía pragmática de John Dewey (1859-1952) y de la psicología dinámica de Kurt Lewin (1890-1947) fueron esenciales para el humanismo en la administración.
4. Las conclusiones del experimento de Hawthorne, llevado a cabo entre 1927 y 1932 bajo la coordinación de Elton Mayo.

El experimento de Hawthorne: a partir de 1924 la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos inició algunos estudios para verificar la correlación entre productividad e iluminación en el área de trabajo, dentro de los presupuestos clásicos de Taylor y Gilbreth. Un poco antes, en 1923, Mayo había dirigido una investigación en una fábrica textil próxima a Filadelfia. Esta empresa, que presentaba problemas de producción y una rotación anual de personal cercana al 250%, había intentado sin éxito poner en marcha varios esquemas de incentivos. En principio, Mayo introdujo un periodo de descanso, dejó a



criterio de los obreros la decisión de cuando deberían parar las máquinas, y contrató una enfermera. Al poco tiempo surgió un espíritu de solidaridad en el grupo, aumento la producción y disminuyó la rotación. En 1927 el Consejo Nacional de Investigación inició un experimento en una fábrica de la Western Electric Company, situada en Chicago, en el barrio de Hawthorne, con la finalidad de determinar la relación entre la intensidad de la iluminación y le eficiencia de los obreros en la producción. Ese experimento, que se volvería famoso fue coordinado por Elton Mayo; y que posteriormente abarcó también el estudio de la fatiga, de los accidentes en el trabajo, de la rotación de personal y del efecto de las condiciones físicas del trabajo sobre la productividad de los empleados. Se comprobó la primacía del factor psicológico sobre el fisiológico: la relación entre condiciones físicas y la eficiencia de los obreros puede ser afectada por condiciones psicológicas. Al reconocer la existencia del factor psicológico, solo en cuanto a su influencia negativa, los investigadores pretendieron aislarlo o eliminarlo del experimento por considerarlo inoportuno. Entonces extendieron la experiencia a la verificación de la fatiga en el trabajo, al cambio de horarios, a la introducción de periodos de descanso, aspectos básicamente fisiológicos. De tal manera que este experimento permitió delinear los principios básicos de la escuela de las relaciones humanas. Entre las principales conclusiones, a juicio de quienes adelantaron el estudio, están las siguientes:

El nivel de producción depende de la integración social: se constató que el nivel de producción no está determinado por la capacidad física o fisiológica del trabajador (como afirmaba la teoría clásica), sino por las normas sociales y las expectativas que lo rodean. Es su capacidad social la que establece su nivel de competencia y de eficiencia, y no su capacidad de ejecutar correctamente movimientos eficientes en un tiempo previamente establecido. Cuanto más integrado socialmente está en el grupo de trabajo, mayor será la disposición de producir. Si el trabajador reúne excelentes condiciones físicas y fisiológicas para el trabajo y no está integrado socialmente, la desadaptación social se reflejará en su eficiencia.

El comportamiento social de los trabajadores: el experimento de Hawthorne permitió comprobar que el comportamiento del individuo se apoya por completo en el grupo. En general, los trabajadores no actúan ni reaccionan aisladamente como individuos, sino como miembros de grupos; los individuos no podían establecer por sí mismo su cuota de producción, sino que debían dejar que la estableciera e impulsara el grupo. Ante cualquier trasgresión de las normas grupales, el individuo recibía castigos sociales o morales de sus compañeros para que se ajustara a los estándares del grupo.

Las recompensas y sanciones sociales: se comprobó que los obreros que producían muy por encima o muy por debajo de la norma socialmente determinada, perdían el afecto y el respeto de los compañeros. El comportamiento de los trabajadores está condicionado por normas o estándares sociales. Cada grupo social desarrolla creencias y expectativas con relación a la administración: esas creencias y expectativas -reales o imaginarias- influyen

no sólo en las actitudes sino también en las normas o estándares de comportamiento que el grupo define como aceptables, a través de los cuales evalúa a sus integrantes. Son buenos compañeros y colegas, si se ajustan a esas normas y estándares de comportamiento, y son pésimos colegas o compañeros desleales, si transgreden aquellas normas y estándares.

Los grupos informales: mientras los clásicos se preocuparon exclusivamente por los aspectos formales de la organización (autoridad, responsabilidad, especialización, estudios de tiempos y movimientos, principios generales de administración, departamentalización, etc.), en Hawthorne los investigadores se concentraron casi por completo en los aspectos informales de la organización (grupos informales, comportamiento social de los empleados, creencias, actitudes, expectativas, etc.). La empresa pasó a ser vista como una organización social compuesta de diversos grupos sociales informales, cuya estructura no siempre coincide con la organización formal, es decir, con los propósitos y la estructura definidos por la empresa. Los grupos informales constituyen la organización humana de la empresa, que muchas veces está en contraposición a la organización formal establecida por la dirección. Los grupos informales definen sus reglas de comportamiento, sus formas de recompensas o sanciones sociales, sus objetivos, su escala de valores sociales, sus creencias y expectativas, y cada participante los asimila e integra en sus actitudes y su comportamiento. La teoría de las relaciones humanas esbozó el concepto de organización informal: la organización no solo se compone de personas aisladas, sino del conjunto de personas que se relacionan espontáneamente entre sí.

Las relaciones humanas: en la organización, los individuos participan en grupos sociales y se mantienen en constante interacción social. Para explicar y justificar el comportamiento humano en las organizaciones, la teoría de las relaciones humanas estudió a fondo esa interacción social. Se entiende por relaciones humanas las acciones y actitudes resultantes de los contactos entre personas y grupos. Cada individuo es una personalidad altamente diferenciada, que incide en el comportamiento y las actitudes de las personas con quienes mantiene contacto y, a la vez, recibe mucha influencia de sus semejantes. En la búsqueda de comprensión, aceptación y participación, el individuo trata de compenetrarse con otros individuos y grupos definidos, con el fin de satisfacer sus intereses y aspiraciones más inmediatos. En su comportamiento influyen el ambiente y las diversas actitudes y normas informales existentes en los distintos grupos. En la empresa surgen las oportunidades de desarrollar relaciones humanas debido a la gran cantidad de grupos y las interacciones que se presentan necesariamente. Solo la comprensión de la naturaleza de esas relaciones humanas permite al administrador obtener mejores resultados de sus subordinados: la comprensión de las relaciones humana facilita la creación de una atmósfera donde cada individuo es estimulado a expresarse libre y sanamente.

La importancia del contenido del cargo: la forma más eficiente de división del trabajo no es la mayor especialización de éste (y, por tanto, una mayor fragmentación). A pesar de que no se preocuparon mucho por este aspecto, Mayo y sus colaboradores verificaron que la

especialización extrema -defendida por la teoría clásica- no garantizaba más eficiencia en la organización. Por ejemplo, observaron que los obreros de la sala de montaje de terminales cambiaban con frecuencia de puesto para evitar la monotonía, contrariando la política de la administración de la empresa. Esos cambios presentaban efectos negativos en la producción, pero al parecer elevaban la moral de todo el grupo. A partir de esas conjeturas, se evidenció que el contenido y la naturaleza del trabajo influyen grandemente en la moral del trabajador. Los trabajos simples y repetitivos tienden a volverse monótonos y mortificantes, lo cual afecta de manera negativa las actitudes del trabajador y reduce su eficiencia y satisfacción.

Como conclusión global se podría establecer que la organización industrial tiene dos funciones principales: producir bienes o servicios (función económica que busca el equilibrio externo) y brindar satisfacciones a sus miembros (función social que persigue el equilibrio interno). Entonces la organización industrial debería buscar esas dos formas de equilibrio de modo simultáneo, y reconocer que la organización industrial está conformada por una organización humana (organización social) y una organización técnica (instalaciones, máquinas, equipos, productos o servicios, materias primas, etc.). La organización humana de la fábrica tiene como base los individuos, cada uno de los cuales evalúa el ambiente en que vive, las circunstancias que lo rodean, de acuerdo con vivencias anteriores, fruto de sus interacciones humanas durante la vida. No obstante, la organización humana de una fábrica es más que la simple suma de los individuos, debido a que la interacción diaria y constante de esos individuos en el trabajo origina un elemento común: la organización social de la fábrica. Dentro de la fábrica, todo acontecimiento se vuelve objeto de un sistema de sentimientos, ideas, creencias y expectativas que convierte los hechos en símbolos que distinguen el comportamiento "bueno" o "malo" y el nivel social "superior" o "inferior". Cada hecho, actitud o decisión es objeto de un sistema de sentimientos de aprobación, rechazo, neutralidad y/o resistencia. Hechos, actitudes y decisiones reportan siempre valores sociales (buenos o malos) y pasan a tener un significado social. Algunas de esas ideas y creencias representan más de lo esperado en una situación determinada: pueden conducir a la cooperación o a la confusión, dependiendo de cómo se interpreten y apliquen. La organización técnica y la organización humana, las organizaciones formal e informal, son subsistemas entrelazados e interdependientes: si se modifica uno de ellos, se producen impactos en los demás. Es decir, se consideró que esos subsistemas se mantienen en equilibrio, razón por la cual una modificación en alguna de sus partes provoca una reacción en las demás para restablecer la condición de equilibrio existente antes de presentarse la modificación.

Kurt Lewin (1890-1947) verificó posteriormente que el individuo se resistirá al cambio para no apartarse de los parámetros del grupo, en tanto éstos permanezcan inmodificables. Debido a que el poder del grupo para provocar cambios en el comportamiento individual es muy grande, la administración no puede tratar a los trabajadores individualmente, como si fueran átomos aislados, sino como miembros de grupos de trabajo, sujetos a las influencias sociales de estos grupos. La teoría de las relaciones humanas contrapone el comportamiento

social del trabajador al comportamiento mecánico propuesto por la teoría clásica, basado en la concepción atomística del hombre.

De esta manera queda abierta la posibilidad de que esta clase de estudios continúen y se sigan desarrollando nuevas propuestas, como por ejemplo todo lo que tiene que ver con las teorías de la motivación las cuales consideran, de forma global, que para alcanzar y/o mantener la eficiencia en las organizaciones es fundamental el tener en cuenta la forma como el recurso humano se siente motivado a mejorar cada día más su desempeño, vale la pena mencionar algunos de los autores con sus propuestas:

Concepto de Jerarquía de Necesidades de Abraham Maslow (1908-1970). Planteada en su libro *Motivation and Personality* (first edition, 1954), muestra una serie de necesidades que atañen a todo individuo y que se encuentran organizadas de forma estructural como una pirámide, de acuerdo a una determinación biológica causada por la constitución genética del individuo. En la parte más baja de la estructura se ubican las necesidades más prioritarias y en la superior las de menos prioridad.

Teoría de Motivación- Higiene de Frederick Herzberg (1923-2000). Los resultados de la primera investigación, los publica en el libro *The motivation to work* (1959) y posteriormente en *Work and the Nature of Man* (1966). Contempla aspectos que pueden crear satisfacción o insatisfacción en el trabajo, haciendo la salvedad que no deben considerarse como opuestos, ya que la presencia de los factores de higiene no motiva, pero su ausencia desmotiva; los otros factores, los de motivación, realmente motivan. A los factores motivacionales los llamó intrínsecos y los de higiene, extrínsecos. Así: Factores motivacionales: Reconocimiento, Responsabilidad, La realización personal o logro, El trabajo en sí, El progreso o ascenso. Factores de Higiene Política de la empresa, Administración, Relaciones interpersonales (con superiores, con iguales, con subordinados), Condiciones de trabajo, Supervisión, Status, El salario y Seguridad en el puesto.

Teoría de la Valencia Expectativa de Victor Vroom (1932). Libros donde expone su propuesta: *Work and Motivation* (1964), *Leadership and Decision Making* and *The New Leadership*. Se basa en que el esfuerzo para obtener un alto desempeño depende de la posibilidad real de lograrlo y que una vez alcanzado sea recompensado de tal manera que el esfuerzo realizado haya valido la pena. Se explica sobre la base, que es el resultado del producto de tres factores que son: Valencia, Expectativa y Medios. Valencia: es la inclinación, la preferencia para recibir una recompensa. Tiene para cada recompensa en un momento dado un valor de valencia única aunque ésta puede variar con el tiempo en dependencia de la satisfacción de las necesidades y con el surgimiento de otras. Expectativa: es una relación entre el esfuerzo realizado y el desempeño obtenido en la realización de una tarea. Medios: es la estimación que posee una persona sobre la

obtención de una recompensa. La motivación se expresa como el producto de estos factores así:  $Motivación = V \times E \times M$

Teoría del Hombre Complejo de Edgar Shein (1928). Se fundamenta en cuatro lineamientos principales: 1) por naturaleza, el ser humano tiende a satisfacer gran variedad de necesidades, algunas básicas y otras de grado superior; 2) las necesidades, una vez satisfechas, pueden reaparecer (por ejemplo, las necesidades básicas), otras (por ejemplo, las necesidades superiores) cambian constantemente y se reemplazan por necesidades nuevas; 3) las necesidades varían, por tanto no sólo de una persona a otra, sino también en una misma persona según las diferencias de tiempo y circunstancias, 4) los administradores efectivos están conscientes de esta complejidad y son más flexibles en el trato con su personal.

Teoría X y Teoría Y de Douglas McGregor (1906-1964). Observó que el comportamiento del líder frente a sus subordinados depende de lo que el líder piense de ellos. Según esto se utilizara un estilo u otro de liderazgo. De tal manera que identificó dos posiciones extremas que denominó Teoría "X" y Teoría "Y".

Teoría ERG (Existence, Relatedness and Growth) de Clayton Alderfer (1940). Propone ciertos cambios a la Pirámide de Maslow referidos a los niveles de necesidades de las personas: las necesidades no tienen que satisfacerse por orden correlativo y considera que si el individuo no logra satisfacer una necesidad de orden superior aparece una necesidad de orden inferior (frustración-regresión).

Teoría de David Mc. Clelland de las Necesidades (1917). Afirma que la teoría de la motivación se encuentra identificada con los conceptos aprendidos por el hombre, manifiesta que gran cantidad de las necesidades son adquiridas de la esfera cultural y social. Define a la motivación como una red asociativa entonada efectivamente y dispuesta en una jerarquía de fuerza o importancia, dentro de un individuo dado.

Teoría de la Equidad de Stacey Adams. Expuesta en 1963: la motivación, desempeño y satisfacción de un empleado depende de su evaluación subjetiva de las relaciones de su razón de esfuerzo-recompensa y la razón de esfuerzo-recompensa de otros en situaciones parecidas. En otras palabras la teoría de la equidad es el justo equilibrio entre un empleado con respecto a los insumos (trabajo duro, nivel de habilidad, la tolerancia, el entusiasmo, etc.) y un empleado de los resultados (salario, beneficio, activos intangibles, como el reconocimiento, etc.) según la teoría, la búsqueda de este equilibrio, sirve para garantizar una sólida y productiva relación que se logra con el empleado.

Teoría de la Modificación de la Conducta de B. F. Skinner (1904-1990). Su teoría expresa que todos somos producto de los estímulos que recibimos del mundo exterior. Si se especifica lo suficientemente el medio ambiente, se pueden predecir con exactitud las acciones de los individuos. El refuerzo positivo consiste en las recompensas por el trabajo bien efectuado, produciendo cambios en el comportamiento, generalmente, en el sentido deseado. No solo forma el comportamiento, además enseña. El refuerzo negativo está constituido por las amenazas de sanciones, que en general produce un cambio en el comportamiento pero en forma impredecible e indeseable.

De tal manera que como conclusión se puede determinar que el denominado Enfoque Humanístico se convirtió en una verdadera revolución en el pensamiento administrativo al proponer como puntos fundamentales para abordar y mejorar la eficiencia el estudio: del trabajador como ser humano pensante y con sentimientos, del medio ambiente laboral bajo el cual se desempeña, del impacto en el desempeño del trabajador cuando se ejercen cambios y del papel social que desempeña el trabajador dentro de los grupos al interior de las organizaciones. Así que de allí surgió el concepto de hombre social reconociendo que las recompensas y sanciones no económicas influyen significativamente en el comportamiento de los trabajadores y limitan, en gran parte, el resultado de los planes de incentivo económico; aunque esas recompensas sociales y morales son simbólicas y no materiales, inciden de manera decisiva en la motivación y la felicidad del trabajador. Llegando a establecer que una organización industrial es algo más que una multiplicidad de individuos que actúan según sus intereses económicos y que esos individuos también experimentan afectos y sentimientos, se relacionan entre sí, y en sus trato diario tienden a establecer patrones de interacción.

Para realizar este apartado se han realizado extractos de los libros mencionados en el apartado anterior y adicionalmente de los siguientes: Bittel, Lester R. y Newstrom John W. Lo que todo supervisor debe saber. Sexta edición (cuarta edición en español) México: McGraw-Hill, 1993. Catt, Stephen E. y Miller Donald. Human Relations: A Contemporary Approach. Richard D. Irwin, inc. 1989. Frunzi, George and Savini Patrick. Supervision: The Art of Management. 4a edition. Prentice-Hall, 1997. Heller, Robert. Comunicar con claridad, Grijalbo 1998. Hill, Norman C. Increasing Managerial Effectiveness: Keys to Management and Motivation. Addison-Wesley Publishing, 1979. Schermerhorn John R., Jr., Hunt, James G. y Osborn Richard N. Comprtamiento organizacional. México Limusa Wiley, 2004. Schunk Dale. Teorías del Aprendizaje. 2ª edición, México: Prentice- Hall hispanoamericana 1997. Vélaz R. José I. Motivos y motivación en la empresa. Ediciones Díaz de Santos, 1996.

1.1.4 Modelos Cuantitativos Se caracterizan por la aplicación de las matemáticas, la estadística, algoritmos y otras técnicas cuantitativas utilizadas en la resolución de problemas y en la toma de decisiones. Estos modelos se presentan en este trabajo agrupados disciplinalmente así: lo referente a la Investigación de Operaciones y lo referente a la

Administración de Operaciones. Respecto al nacimiento de la I.O. (Investigación de Operaciones) se puede llegar a ubicar durante la Segunda Guerra Mundial, dado que teniendo en cuenta esta circunstancia se necesitó movilizar rápida y eficientemente grandes cantidades de materiales y de productos terminados realizando operaciones de comunicación con alto riesgo; todo esto con el concurso de personas y la utilización de tecnologías cada vez más complejas y sistematizadas. En lo que atañe a la Administración de Operaciones se señala su inicio alrededor de los años 50 y se diferencia de los desarrollos anteriores en que la producción no solamente se basa en la fabricación de bienes tangibles, sino también en la generación de intangibles denominados servicios.

La Investigación de Operaciones nació directamente de los grupos de la Segunda Guerra Mundial (denominados equipos de investigación operacional en la Gran Bretaña y equipos de investigación de operaciones en Estados Unidos). Consiste en la construcción de modelos matemáticos y en otras aplicaciones de las técnicas cuantitativas para la resolución de problemas administrativos donde se evidencia la escasez de los recursos teniendo que maximizar los productos; teniendo como uno de los temas importantes a tratar el de la eficiencia. En un principio, y obedeciendo a su origen la I.O. se refería a sistemas con relaciones directas con el armamento y buscando la optimización de las operaciones necesarias para su producción y transporte. Hoy en día esta circunstancia se sigue manteniendo puesto que se continúan desarrollando modelos de optimización aplicados a la industria militar, pero adicionalmente hay avances muy importantes en optimización de operaciones manufactureras y de generación de servicios; en los cuales se privilegia el enfoque moderno de la I.O. en el cual la orientación de integralidad en los sistemas y de trabajo en grupo adquiere la mayor importancia junto con la parte de modelamiento matemático. Estas técnicas se aplican a dos categorías básicas de problemas: los determinísticos, en los que la información necesaria para modelizar se conoce con certeza; y los estocásticos: en los que parte de esta información no se conoce con certeza y se considera que se comporta de manera probabilística. La Investigación de Operaciones se ocupa en encontrar una mejor solución, llamada solución óptima, para el problema bajo consideración. Se dice una mejor solución y no la mejor solución porque pueden existir muchas soluciones que empaten como la mejor. En lugar de contentarse con mejorar el estado de las cosas, la meta es identificar el mejor curso de acción posible, es decir las mejores decisiones. Aun cuando debe interpretarse con todo cuidado en términos de las necesidades reales de la administración, esta "búsqueda de la optimización" es un aspecto importante dentro de la investigación de operaciones. Dentro de este contexto es necesario aclarar varios conceptos: – Una organización es un sistema formado por componentes que interaccionan, algunas de estas interacciones pueden ser controladas y otras no. – Generalmente se asocian los conceptos de dirección y administración a las empresas de tipo lucrativo, sin embargo, una empresa es un concepto más amplio, es algo que utiliza hombres, máquinas, materiales y dinero con un propósito específico; desde éste punto de vista, se considera como empresa u organización desde una universidad hasta una ensambladora de automóviles. – Para tratar de explicar el comportamiento de un sistema complejo, el científico debe representarlo en términos de los conceptos que maneja, lo hace expresando todos los rasgos principales del sistema por medio de relaciones matemáticas.

A esta representación formal se le llama modelo. – En un sistema la información juega un papel fundamental, dado que entre los componentes fluye información que genera diferentes tipos de interacciones. Los objetivos de la organización se refieren a la eficacia y a la eficiencia con que los componentes pueden ser controlados; el control es un mecanismo de autocorrección del sistema que permite evaluar los resultados en términos de los objetivos establecidos. – La esencia de un modelo es que debe ser predictivo, lo cual no significa predecir el futuro, pero sí ser capaz de indicar muchas cosas acerca de la forma en que se puede esperar que un sistema opere en una variedad de circunstancias, lo que permite valorar su vulnerabilidad. Si se conocen las debilidades del sistema se pueden tomar decisiones referentes a efectuar cambios que lleven a la empresa o parte de ella a una nueva ruta, o realizar un plan de toma de decisiones, o desplegar estrategias que generen decisiones. Cuando se toma alguno de estos caminos, la Investigación de Operaciones ayuda a determinar la acción menos vulnerable ante un futuro incierto. – La complejidad de los problemas que se presentan en las organizaciones ya no encajan en una sola disciplina del conocimiento, se han convertido en multidisciplinarios por lo cual para su análisis y solución se requieren grupos compuestos por especialistas de diferentes áreas del conocimiento que logran comunicarse con un lenguaje común que es proporcionado por la I.O. – La Investigación de Operaciones es la aplicación de la metodología científica a través de modelos matemáticos, primero para representar al problema y luego para resolverlo. – El objetivo global de la Investigación de Operaciones es el de apoyar al tomador de decisiones, en cuanto ayudarlo a cumplir con su función teniendo como base los estudios científicamente fundamentados. Para aplicar el método científico en la resolución de problemas y con la Investigación de Operaciones, es necesario abordar pasos o etapas consecutivos: definición del problema y recolección de datos, formulación de un modelo matemático, obtención de solución a partir del modelo, prueba del modelo, establecimiento de controles sobre la solución e implantación de la solución. Todo esto bajo un esquema de aplicación eficiente de recursos (optimización) y teniendo en cuenta que en términos generales los problemas prácticos a los que se enfrenta la I.O. están inicialmente en términos vagos; por consiguiente, las primeras actividades que se debe realizar son el estudio del sistema relevante y el desarrollo de un resumen claro y concreto del problema a analizar. Esto incluye determinar los objetivos apropiados, las restricciones sobre lo que se puede hacer, las interrelaciones del área bajo estudio con las restantes áreas de la organización, los diferentes cursos de acción posibles, los límites de tiempo para tomar una decisión, proyección del impacto, etc. Este proceso de definir correctamente el problema es crucial ya que tiene un efecto directo en la relevancia de las conclusiones del estudio, es difícil extraer una respuesta "correcta" a partir de un problema "equivocado". Por su naturaleza, la Investigación de Operaciones se encarga del bienestar de toda la organización, no sólo de algunos de sus componentes, por esto busca soluciones óptimas globales y no soluciones sub-óptimas aunque en algún momento se considere que estas últimas puedan ser lo mejor para uno de los actores; entonces, idealmente, los objetivos que se formulan deben coincidir con los de toda la organización. Pero asimismo se debe ser consciente que muchos problemas interesan nada más a una parte de la organización, y que dada esta circunstancia los objetivos usados en este tipo de estudios deben ser tan específicos como sea posible; siempre y cuando contemplen las metas principales del tomador de decisiones y mantengan un nivel razonable de consistencia con los objetivos de



los altos niveles. Las condiciones fundamentales para que exista un problema es que se establezca una diferencia entre lo que es (situación actual) y lo que debe ser (situación deseada u objetivo) y además exista cuando menos una forma de eliminar o disminuir esa diferencia. Para formular un problema se requiere: a) identificar las componentes y variables controlables y no controlables del sistema; b) identificar los posibles cursos de acción, determinados por las componentes controlables; c) definir el marco de referencia dado por las componentes no controlables; d) precisar los objetivos que se busca alcanzar y clasificarlos por orden de importancia; e) identificar las interpelaciones importantes entre las diferentes partes del sistema y encontrar las restricciones que existen. Referente a la segunda etapa, formulación de un modelo matemático: La forma convencional en que la Investigación de Operaciones realiza esto es construyendo un modelo matemático que represente la esencia del problema. Este modelo está constituido por relaciones matemáticas (ecuaciones y/o desigualdades) establecidas en términos de variables, que representa la esencia el problema que se pretende solucionar. Para construir un modelo es necesario primero definir las variables en función de las cuales será establecido. Luego, se procede a determinar matemáticamente cada una de las dos partes que constituyen un modelo: a) la medida que permite conocer el nivel de logro de los objetivos y generalmente es una función (ecuación) llamada función objetivo; b) las limitantes del problema llamadas restricciones que son un conjunto de igualdades y/o desigualdades que constituyen las premisas a cumplir para la consecución del objetivo. Un modelo siempre debe ser menos complejo que la realidad, es una aproximación abstracta de la realidad con consideraciones y simplificaciones que hacen más manejable el problema y permiten evaluar eficientemente las alternativas de solución. Los modelos matemáticos tienen muchas ventajas sobre una descripción verbal del problema; una ventaja obvia es que el modelo matemático describe un problema en forma mucho más concisa, esto tiende a hacer que toda la estructura del problema sea más comprensible y ayude a revelar las relaciones importantes entre causa y efecto. De esta manera se puede ver con mayor claridad qué datos adicionales son importantes para el análisis, también facilita el manejo del problema en su totalidad y el estudio de todas sus interpelaciones. Por último, un modelo matemático forma un puente para poder emplear técnicas matemáticas y sistemas computacionales de alto poder, para desarrollar y analizar el problema. Sin duda, existe una amplia disponibilidad de paquetes de software para muchos tipos de modelos matemáticos. Por otro lado, existen obstáculos que se deben evitar al usar modelos matemáticos: Un modelo es, necesariamente, una idealización abstracta del problema real, por lo que casi siempre se requieren aproximaciones y suposiciones de simplificación si se quiere que el modelo sea susceptible de ser resuelto. Por lo tanto, se debe tener cuidado de que el modelo sea siempre una representación válida del problema. El criterio apropiado para juzgar la validez de un modelo es el hecho de si predice o no con suficiente exactitud los efectos relativos de los diferentes cursos de acción, para poder tomar una decisión que tenga sentido. En consecuencia, no es necesario incluir detalles sin importancia o factores que tienen aproximadamente el mismo efecto sobre todas las opciones; ni siquiera es necesario que la magnitud absoluta de la medida de efectividad sea aproximadamente correcta para las diferentes alternativas, siempre que sus valores relativos (es decir, las diferencias entre sus valores) sean bastante precisos; entonces, algo que irremediablemente se requiere es que exista una alta correlación entre la predicción del modelo y lo que ocurre en la vida real.

Para asegurar que este requisito se cumpla, es importante hacer un número considerable de pruebas del modelo y las modificaciones consecuentes, aunque realmente la validación del modelo se lleve a cabo durante la etapa de construcción para que sirva de guía en la obtención del modelo matemático. La tercera etapa es la obtención de la(s) solución(es) a partir del modelo: resolver un modelo consiste en encontrar los valores de las variables dependientes, asociadas a las componentes controlables del sistema con el propósito de optimizar, si es posible, o cuando menos mejorar la eficiencia y/o la efectividad del sistema dentro del marco de referencia que fijan los objetivos y las restricciones del problema.

La selección del método de solución depende de las características del modelo.

Los procedimientos de solución pueden ser clasificados en tres tipos:

- 1) analíticos, que utilizan procesos de deducción matemática;
- 2) numéricos, que son de carácter inductivo y funcionan en base a operaciones de prueba y error;
- 3) simulación, que utiliza métodos que imitan o, emulan al sistema real, en base a un modelo.

Muchos de los procedimientos de solución tienen la característica de ser iterativos, es decir buscan la solución en base a la repetición de la misma regla analítica hasta llegar a ella, si la hay, o cuando menos a una aproximación. Luego se puede abordar la cuarta etapa; prueba del modelo: El desarrollo de un modelo matemático robusto debe pasar por algunas fases inevitables, cuando se completa la primera versión es inevitable que contenga fallas. Sin duda, algunos factores o interpelaciones relevantes no se incorporaron al modelo y algunos parámetros no se estimaron correctamente. Esto no se puede eludir dada la dificultad de la comunicación y la comprensión de todos los aspectos y sutilezas de un problema operacional complejo, así como la dificultad de recolectar datos confiables. De tal manera que el modelo debe probarse de manera exhaustiva para tratar de encontrar y corregir tantos problemas como sea posible. Eventualmente, después de una larga serie de versiones mejoradas, el equipo concluye que el actual arroja, en general, resultados razonablemente válidos. Aunque sin duda quedarán algunas fallas ocultas en el programa (y quizá nunca se detecten), se habrán eliminado suficientes problemas importantes como para que sea confiable utilizarlo. Este proceso de prueba y mejoramiento de un modelo para incrementar su validez se conoce como validación del modelo; debido a que el equipo de I.O. puede pasar meses desarrollando todas las piezas detalladas del modelo, es sencillo "no ver el bosque por buscar los árboles". Entonces, después de completar los detalles ("los árboles") de la versión inicial del modelo, una buena manera de comenzar las pruebas es observarlo en forma global ("el bosque") para verificar los errores u omisiones obvias. El grupo que hace esta revisión debe, de preferencia, incluir por lo menos a una persona que no haya participado en la formulación. Al examinar de nuevo la formulación del problema y compararla con el modelo pueden descubrirse este tipo de errores. También es útil

asegurarse de que todas las expresiones matemáticas sean consistentes en las dimensiones de las unidades que se emplean. Además, puede obtenerse un mejor conocimiento de la validez del modelo variando los valores de los parámetros de entrada y/o de las variables de decisión, y comprobando que los resultados del modelo se comporten de una manera factible. Con frecuencia, esto es especialmente revelador cuando se asignan a los parámetros o a las variables valores extremos cercanos a su máximo o a su mínimo permitidos. Cuando es posible, es una buena estrategia el probar el modelo con datos históricos, de tal manera que se tenga algo real contra lo cual comparar las soluciones arrojadas por el modelo. La comparación de la efectividad de este desempeño hipotético con lo que en realidad ocurrió, indica si el uso del modelo tiende a dar mejoras significativas sobre la práctica actual. Puede también indicar áreas en las que el modelo tiene fallas y requiere modificaciones. Lo que es más, el emplear las alternativas de solución y estimar sus desempeños históricos hipotéticos, se pueden reunir evidencias en cuanto a lo bien que el modelo predice los efectos relativos de los diferentes cursos de acción. Pero también se puede llegar a determinar que el modelo y la solución no son válidos, de tal manera que sería necesario iniciar nuevamente el proceso revisando cada una de las fases de la metodología de la Investigación de Operaciones. Quinta etapa; establecimiento de controles sobre la solución: Una solución, o conjunto de soluciones, establecida como válida para un problema, permanece como tal siempre y cuando las condiciones del problema tales como: las variables no controlables, los parámetros, las relaciones, las interrelaciones, las restricciones, etc., no experimenten un cambio significativo. Por esto, es necesario generar información adicional sobre el comportamiento de la solución debido a cambios en los parámetros del modelo. Esto se conoce como análisis de sensibilidad. En pocas palabras, esta fase consiste en determinar los rangos de variación de los parámetros dentro de los cuales la solución, o el conjunto de soluciones siguen siendo vigentes. Finalmente se está preparado para abordar la sexta y última etapa; implantación de la solución: se inicia con el proceso de presentar los hallazgos que se hicieron a lo largo del proceso a los ejecutivos o gerentes de la organización encargados de tomar las decisiones. Luego se debe traducir la solución seleccionada a instrucciones y operaciones comprensibles para los individuos que intervienen en la operación y administración del sistema. La etapa de implantación de una solución se simplifica en gran medida cuando se ha propiciado la participación de todos los involucrados en el problema en cada fase de la metodología. De tal manera que hay necesidad de realizar lo que se denomina como preparación para la aplicación del modelo: este paso es crítico, ya que es aquí, y sólo aquí, donde se cosecharán los beneficios del estudio. Por lo tanto, es importante que el equipo de I.O. participe, tanto para asegurar que las soluciones del modelo se traduzcan con exactitud a un procedimiento operativo, como para corregir cualquier defecto en la solución que salga a la luz en este momento. El éxito de la puesta en práctica depende en gran parte del apoyo que proporcionen tanto la alta administración como la gerencia operativa. Es más probable que el equipo de I.O. obtenga este apoyo si ha mantenido a la administración bien informada y ha fomentado la guía de la gerencia durante el estudio. La buena comunicación ayuda a asegurar que el estudio logre lo que la administración quiere y por lo tanto merezca llevarse a la práctica. También proporciona a la administración el sentimiento de que el estudio es suyo y esto facilita el apoyo para la implantación. La etapa de implantación incluye varios pasos.

Primero, el equipo de investigación de operaciones de una cuidadosa explicación a la gerencia operativa sobre el nuevo sistema que se va a adoptar y su relación con la realidad operativa. En seguida, estos dos grupos comparten la responsabilidad de desarrollar los procedimientos requeridos para poner este sistema en operación. La gerencia operativa se encarga después de dar una capacitación detallada al personal que participa, y se inicia entonces el nuevo curso de acción. Si tiene éxito, el nuevo sistema se podrá emplear durante algunos años. Con esto en mente, el equipo de I.O. supervisa la experiencia inicial con la acción tomada para identificar cualquier modificación que tenga que hacerse en el futuro. A la culminación del estudio, es apropiado que el equipo de Investigación de Operaciones documente su metodología con suficiente claridad y detalle para que el trabajo sea reproducible, el poder obtener una réplica debe ser parte del código de ética profesional del investigador de operaciones. Teniendo en cuenta y estudiando los resultados aportados a través de años, se puede establecer que la Investigación de Operaciones ha tenido un impacto impresionante en el mejoramiento de la eficiencia de numerosas organizaciones en todo el mundo y ha hecho contribuciones significativas al incremento de la eficiencia y la productividad dentro de la economía de varios países. No obstante lo anterior se hace necesario el explicitar las limitaciones de la I.O.: frecuentemente es necesario hacer simplificaciones del problema original para poder manipularlo y determinar una solución. La mayoría de los modelos sólo considera un solo objetivo y frecuentemente en las organizaciones se tienen objetivos múltiples. Existe la tendencia a no considerar la totalidad de las restricciones en un problema práctico, debido en parte a que los métodos de enseñanza y entrenamiento de esta ciencia se basan en problemas pequeños por razones de índole práctico; por lo que se corre el riesgo de desarrollar una imagen muy simplista e ingenua sobre la aplicación de estas técnicas a problemas reales. Casi nunca se realizan análisis costo-beneficio de la implantación de soluciones definidas por medio de la I.O., y desafortunadamente en algunas ocasiones los beneficios potenciales se ven superados por los costos ocasionados por el desarrollo e implantación de un modelo.

La Administración de Operaciones se refiere al campo de la Administración donde se utilizan técnicas cuantitativas para resolver problemas que se presentan en los procesos de producción manufacturera, en la generación de servicios y/o en la administración de intangibles. Los Gerentes de Operaciones toman básicamente dos tipos de decisiones: estratégicas y operacionales o tácticas; pero sin importar en qué nivel están, estas decisiones tienen repercusión en todo lo ancho y largo de la organización y es precisamente por esto que los autores modernos coinciden en que el trabajo de los Gerentes de Operaciones debe tener como una de sus preocupaciones fundamentales la búsqueda permanente de la eficiencia y su mejoramiento. Respecto a las áreas de decisión, la mayoría de los autores modernos coinciden en las siguientes: Diseño del producto y del servicio; Gestión de Calidad; Diseño de Proceso y Planificación de Capacidad; Desarrollo Tecnológico; Localización; Diseño de la Organización de las Instalaciones; Recursos Humanos y Diseño del Trabajo; Gestión del abastecimiento; Administración de Inventarios; Programación Intermedia, Planificación a Corto Plazo y Planificación del Proyecto; Planeación, Programación y desarrollo del mantenimiento. Adicionalmente coinciden en

que la Administración de Operaciones tiene la responsabilidad de cinco importantes áreas de decisiones: Proceso, Capacidad, Inventario, Fuerza de trabajo y Calidad.

**Proceso:** Las decisiones de esta categoría determinan el proceso físico o instalación que se utiliza para producir el producto o servicio. Las decisiones incluyen el tipo de equipo y tecnología, el flujo de proceso, la distribución de planta así como todos los demás aspectos de las instalaciones físicas o de servicios. Muchas de estas decisiones sobre el proceso son a largo plazo y no se pueden revertir de manera sencilla, en particular cuando se necesita una fuerte inversión de capital. Por lo tanto, resulta importante que el proceso físico se diseñe con relación a la postura estratégica de largo plazo de la empresa.

**Capacidad:** Las decisiones sobre la capacidad se dirigen al suministro de la cantidad correcta de capacidad, en el lugar correcto y en el momento exacto. La capacidad a largo plazo la determina el tamaño de las instalaciones físicas que se construyen. A corto plazo, en ocasiones se puede aumentar la capacidad por medio de subcontratos, turnos adicionales o arrendamiento de espacio, sin embargo, la planeación de la capacidad determina no sólo el tamaño de las instalaciones sino también el número apropiado de gente en la función de operaciones. Se ajustan los niveles de personal para satisfacer las necesidades de la demanda del mercado y el deseo de mantener una fuerza de trabajo estable. A corto plazo, la capacidad disponible debe asignarse a tareas específicas y puestos de operaciones mediante la programación de la gente, del equipo y de las instalaciones.

**Inventarios:** Las decisiones sobre inventarios en operaciones determinan lo que debe ordenar, qué tanto pedir y cuándo solicitarlo. Los sistemas de control de inventarios se utilizan para administrar los materiales desde su compra, a través de los inventarios de materia prima, de producto en proceso y de producto terminado. Los gerentes de inventarios deciden cuánto gastar en inventarios, dónde colocar los materiales y numerosas decisiones más relacionadas con lo anterior. Administran el flujo de los materiales dentro de la empresa.

**Fuerza de Trabajo:** La administración de gente es el área de decisión más importante en operaciones, debido a que nada se hace sin la gente que elabora el producto o presta el servicio. Las decisiones sobre la fuerza de trabajo incluyen la selección, contratación, despido, capacitación, supervisión y compensación. Estas decisiones las toman los gerentes de línea de operaciones, con frecuencia con la asistencia o en forma mancomunada con la gerencia de recursos humanos. Administrar la fuerza de trabajo de manera productiva y humana, es una tarea clave para la función de operaciones hoy en día.

**Calidad:** La función de operaciones es casi siempre responsable de la calidad de los bienes y servicios producidos. La calidad es una importante responsabilidad de operaciones que

requiere del apoyo total de la organización. Las decisiones sobre calidad deben asegurar que la calidad se mantenga en el producto en todas las etapas de las operaciones: se deben establecer estándares, diseñar equipo, capacitar gente e inspeccionar el producto o servicio para obtener un resultado de calidad.

Algunos de los métodos que se usan comúnmente son pronósticos, modelos de inventarios, programación lineal, teoría de líneas de espera, programación de eventos, simulación y análisis de punto de equilibrio.

Como ha quedado claro en este aparte los modelos cuantitativos enriquecen el estudio de la eficiencia aportando el hecho de presentar a una empresa u organización dentro de un concepto amplio bajo el cual existe la utilización de hombres, máquinas, materiales y dinero; formando un sistema en el cual todo lo anterior interacciona para lograr un propósito determinado. Y adicionalmente que el mencionado sistema puede ser representado de una manera científica mediante relaciones matemáticas susceptibles de ser sometidas a procesos de optimización para lograr diferentes formas de ser eficiente. Otro avance fundamental es la incursión de todas estas técnicas en lo que tiene que ver con la administración de la generación de los intangibles y el estudio de cómo lograr mediante optimización el manejo eficiente de los recursos que se deben aplicar.

Para realizar este apartado se han realizado extractos de los libros: Hillier, Frederick y Lieberman G. Introducción a la Investigación de Operaciones. 8ª edición. México: McGrawHill, 2006. Prawda, Juan. Métodos y modelos de investigación de operaciones I: Modelos determinísticos. Limusa, 1976. Ackof R. y Sasieni, M. Fundamentos de la Investigación de Operaciones. México: Limusa, 1982. Eppen y Gould. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. 5ª edición México: Prentice Hall. 2000. Winston, Wayne L. Investigación de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos. México: Thompson, 2005. Davis, K.R. y McKeown, P.G. Modelos Cuantitativos para Administración. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1986. Churchman, C. W., El Enfoque de Sistemas, México: Diana, 1973. Chvátal, V., Linear Programming, New York: W. H. Freeman and Company, 1983. Dantzing, G. B., Linear Programming and Extensions, Princeton: Princeton University Press, 1968. Gaas, S. I., Linear Programming: Methods and Applications (5 ed.), New York: Dover Publications, 2003. Gould, F. J., Eppen, G. D. y Schmidt, C. P., Introductory Management Sciences. New Jersey: Prentice Hall, 1991. Schroeder, Roger. Operation Management: Contemporary Concepts and Cases. 4ª edición. McGrawHill, 2007. Nahmias S. Analisis de la producción y las operaciones. 5ª edición. McGrawHill, 2007. Lehmann Donald. Administración del Producto. 4ª edición. McGrawHill. 2007. Groover M., Fundamentos de Manufactura Moderna: materiales, procesos y sistemas. 3ª edición. McGrawHill. 2007. Stevenson, W. Operations Management. 9ª edición. McGrawHill. 2006. Fernandez, Esteban. Estrategia de Producción. 2ª edición. McGrawHill. 2006. Vollmann, Thomas E. Operations Management: A Systems Model-building Approach. Published by Addison-Wesley 1973. Chase Richard, Aquilano Nicholas y

Jacobs Robert. Administración de la Producción y Operaciones para una ventaja competitiva. 10ª edición. McGrawHill. 2005. Gaither, Norman y Frazier Greg. Administración de Producción y Operaciones. 4ª edición, International Thomson Editores 2000. Collier David y Evans James. Administración de Operaciones. 2ª edición. Cengage Learning. 2008. Evans J. y Lindsey W. Administración y Control de la Calidad. 7ª edición. Cengage Learning. 2008. Krajewski, L. Ritzman L. y Malhotra M. Administración de Operaciones. 8ª edición. Pearson. 2008. Everett, A. y Ebert Ronald. Administración de la Producción y las Operaciones: Conceptos, modelos y funcionamiento. Cuarta Edición. Prentice Hall Hispanoamericana 1991.

## 1.2 PARA LA ECONOMÍA

Sobre el término de economía y de eficiencia, Jeremy Bentham<sup>5</sup> pensador inglés ofreció muy temprano un sencillo principio “la mayor felicidad posible para el mayor número de personas”, propuesta argumentada en que la sociedad debería intentar maximizar la utilidad total de sus miembros, que en un principio pareció ser la respuesta a muchas de las preguntas de la época; sin embargo acarreó bastantes más preguntas y problemáticas. Posteriormente y para los economistas clásicos se considera que el concepto de eficiencia es algo sobre-entendido sin que se hubiese hecho una formulación explícita. Jevons<sup>6</sup> desarrolló su "mecánica de la utilidad", y aunque no hizo uso de la palabra eficiencia impuso el concepto como problema central de la economía. Se puede establecer que a principios de siglo XX se desarrolló un movimiento general en favor de la eficiencia aplicando los métodos de investigación científica a los sistemas de producción y distribución. Los estudios de los costos, combinados con el estudio del movimiento y las fracciones de tiempo, proporcionaron una técnica que permite medir la eficiencia de la dirección y de los sistemas de producción. La dirección científica producía considerable economía como se demostró en los Estados Unidos en 1910 al reducir los gastos, por ejemplo, de los ferrocarriles en miles de millones. De ahí que haya existido una especie de escuela de la eficiencia, entendiendo por tal el radio comprendido entre lo que se utiliza y lo que se produce, entre el esfuerzo y el rendimiento, entre los gastos y los ingresos, entre el costo y el beneficio o utilidad general resultante; nada más en Estados Unidos se pueden citar, a modo de ejemplo: Josephine Goldmark publicó *Fatigue and Efficiency* en 1912; Hugo Münsterberg, *Psychology and Industrial Efficiency* en 1913; Raymond Moley, *The State Movement for Efficiency and Economy* en 1918; C. J. Foreman, *Efficiency and Scarcety Profits* en 1930.

Otra de las premisas desarrolladas más actualmente, pero que se pueden considerar como básicas es que no es solo por la eficiencia que se evalúa una economía; también hay que tener en cuenta criterios como la justicia o equidad: hay interrelaciones entre equidad y eficiencia: las políticas y decisiones que promueven la equidad con frecuencia tienen un

---

<sup>5</sup> (1748-1832) Pensador inglés, padre del utilitarismo.

<sup>6</sup> William Stanley Jevons (1835-1882) economista británico, fue uno de los primeros en introducir el rigor matemático en la economía.

costo en términos de eficiencia y viceversa. Teniendo en cuenta que esta es una circunstancia sobre la cual los economistas pueden tener disyuntivas, se ha establecido que lo verdaderamente importante es buscar la forma de usar los recursos de la economía lo más eficientemente posible con el propósito fundamental de conseguir los objetivos de la sociedad. Se dice –en la teoría– que ningún gobierno tiene un ministerio, o ente que haga sus veces, encargado estricta y exclusivamente de asegurar la eficiencia en el funcionamiento de la economía; porque el sistema de incentivos que existe al interior de la economía de mercado asegura que la utilización que se hace de los recursos es la apropiada y que los individuos que tienen la libertad para escoger los bienes y servicios que consumen y producen, aprovechan las oportunidades de mejorar que se generan. Y dentro de este panorama es que se define la eficiencia como: el aprovechamiento de todas las oportunidades posibles para mejorar la situación de algunas personas sin que la situación de otras personas empeore. Actualmente es aceptado que, para lograr el ser eficiente, una economía debe cumplir tres criterios: debe ser eficiente en consumo, eficiente en producción y eficiente en los niveles de producción.

**1.2.1 Eficiencia en Consumo** Los economistas dicen que una economía es eficiente en consumo si no hay otra forma diferente a la actual, de distribuir los bienes y/o servicios entre los diferentes consumidores; de tal manera que algunos de estos consumidores estén mejor si no es haciendo que otros empeoren. Para lograrlo, cada una de las unidades de cada bien debe ir a parar en manos de aquel consumidor dispuesto a pagar más por ella, dadas las cantidades totales ofrecidas de cada bien y la renta de los individuos; de tal manera que no habría oportunidades inexploradas de realizar un comercio mutuamente beneficioso. Es decir, que la propuesta expresa que cuando unas determinadas cantidades de dos o más bienes o servicios han de ser distribuidas entre los diferentes consumidores, es eficiente que todos los consumidores paguen el mismo precio para cada bien o servicio y que se les permita adquirir tanto como deseen a este determinado precio.

**1.2.2 Eficiencia en Producción** Se dice que una economía es eficiente en producción si no es posible producir más de algunos bienes o generar más servicios, si no es produciendo menos de otros bienes y/o servicios. Así mismo será eficiente en producción si tiene una asignación eficiente de recursos: es decir que no hay forma de reasignar los factores de producción entre los productores de manera que se produzca más de algunos bienes y/o servicios si no es produciendo menos de otros. Pero no basta con que cada unidad productiva utilice eficientemente los recursos que posee, adicionalmente es necesario que estos recursos se asignen eficientemente a las diferentes unidades de producción. Para que haya eficiencia en la producción, cada recurso debe asignarse al productor que pueda utilizarlo más productivamente. De tal manera que vale la pena cuestionarse respecto a qué asignaciones de recursos no serían eficientes (despilfarro). Hay dos respuestas iniciales; primera: habría ineficiencia en un sector si algunos productores estuviesen contratando demasiado trabajo (o cualquier otro determinado recurso), mientras otros productores utilizaran poco de algún otro recurso; de tal manera que transferir trabajo (o cualquier otro recurso determinado) de los primeros productores a los segundos generaría un aumento



neto de la producción del sector. Segunda respuesta: hay otro tipo de ineficiencia que podría darse, incluso si cada sector fuese eficiente individualmente; si un sector estuviese tomando demasiada cantidad de un factor de producción en relación a otro de los factores y otro sector estuviera empleando demasiado poco del primer factor de producción en relación al segundo; en este caso el transferir un poco de este recurso de producción del sector donde se utiliza en exceso al otro sector, y de forma paralela transferir parte del otro factor de producción en dirección contraria, podría generar un aumento de la producción al interior de ambos sectores (o un mayor nivel de producción en un sector sin disminuir la producción del otro). Por todo esto es que se dice que una economía que es eficiente en la asignación de recursos es eficiente en producción y viceversa.

1.2.3 Eficiencia en los niveles de producción La premisa aquí es que no debe existir una combinación de bienes y/o servicios distinta que consiga que algunas personas estén mejor sin que otras estén peor. La determinación de la cantidad que se produce de cada bien, requiere de un mecanismo para coordinar los distintos esfuerzos de los participantes en sus respectivas especialidades. Ahora bien, para otros economistas el punto prioritario de la eficiencia es que tiene una relación directa con la limitación de los recursos o factores de producción existentes al interior de una sociedad; de tal manera que la definen como la capacidad de hacer el mejor uso posible de los medios disponibles para lograr un determinado resultado. Bajo estas premisas, entonces, es necesario distinguir dos tipos de eficiencia: técnica y económica.

1.2.4 Eficiencia Técnica Los ingenieros miden la eficiencia técnica mediante la relación entre la producción física y el consumo necesario para generar este determinado nivel de producción. De tal manera que se dice que una empresa, organización, sector industrial o una economía es técnicamente eficiente cuando logra un nivel de producción considerado máximo mediante utilización plena de las entradas, inversiones y/o recursos disponibles en un momento determinado. Bajo un supuesto que estos recursos deben ser empleados en su totalidad y de la mejor manera; pero no se puede realizar ningún cambio en la combinación de estos con el objeto de incrementar la producción de un bien o servicio sin que disminuya la producción de otro cualquiera. Este concepto es susceptible de ser generalizado transcurriendo de una situación de un sistema simple de producción a otros más complicados como empresas, organizaciones, sectores o a nivel macro es decir a nivel de la economía en su totalidad. De tal manera que una economía se considera técnicamente eficiente si todas las empresas que lo constituyen han logrado la eficiencia técnica.

1.2.5 Eficiencia Económica o asignativa Se dice que aquello que determina el éxito real de una economía es esta eficiencia: se dice que esta se ha alcanzado cuando el sistema produce la combinación de bienes que el público prefiere, dado su nivel de ingresos; es decir que no se pueden hacer cambios en la combinación de recursos o de la producción que mejoren de alguna manera la situación de alguien sin empeorar la del otro, según la apreciación de cada uno de ellos. Realizando la asimilación de que un sistema económico

es un tipo de organización social, el Óptimo de Pareto sería sinónimo de esta eficiencia; definiendo Óptimo de Pareto así: Condición que existe en una organización social cuando no puede hacerse ninguna variación que mejore a unos sin perjudicar a otros. También es importante resaltar la relación entre estos dos últimos tipos de eficiencia: se dice que aquella sociedad que ha alcanzado la eficiencia técnica esta empleando totalmente sus recursos, pero esta misma sociedad no es económicamente eficiente a no ser que esté produciendo lo bienes y servicios que la gente prefiera comprar con sus ingresos. De similar forma, se dice que una sociedad que ha alcanzado la eficiencia económica también ha alcanzado la eficiencia técnica. En otras palabras: esta sociedad no solo está produciendo la mayor cantidad posible de bienes y servicios sino también lo que necesitan quienes hacen parte de esta sociedad. De tal manera que se evidencia que la eficiencia económica contiene a la eficiencia técnica. Es necesario aclarar que para algunos autores, por ejemplo Stiglitz<sup>7</sup>, al estudiar la eficiencia económica o eficiencia en el sentido de Pareto se determina que cuando esta existe es menester que también existan: la eficiencia en el intercambio (o eficiencia de consumo, como se llamó anteriormente), eficiencia en la producción (igualmente llamada con anticipación) y eficiencia en la combinación de productos (o eficiencia en los niveles de producción)

La conclusión de este aparte que tiene relación con como la eficiencia es entendida y analizada por la economía; se puede establecer que a pesar de que en sus inicios la eficiencia no fue una preocupación explícita, si fue siempre una preocupación subyacente en los análisis de esta disciplina. Y que es tan vigente que en la actualidad tiene una relación directa con la equidad entendida como la consecución de los objetivos de la sociedad bajo estudio y que se ha planteado en términos que una sociedad es eficiente cuando, por una parte, produce los bienes (productos y servicios) que los individuos de esta sociedad necesitan; y por la otra aprovecha de la mejor manera posible los recursos disponibles en el proceso productivo.

Para realizar este apartado se han hecho extractos de los siguientes libros: Garín Teresa, Microeconomía: Producción y mercados, Centro de Estudios Ramón Areces, Publicado por Editorial Ramón Areces, 1998. Parkin Michael, Esquivel Gerardo, Ávalos Marcos S. y otros, Microeconomía: Versión para Latinoamérica, séptima edición, Pearson Educación, 2006. García E. Santiago, Introducción a la economía de la empresa, Ediciones Díaz de Santos, 1994. Spencer Milton H. Economía contemporánea. Tercera edición, Publicado por Reverté, 1993. Krugman Paul R. y Wells Robin Microeconomía: Microeconomía. Publicado por Reverté, 2006.

---

<sup>7</sup> Stiglitz, Joseph E., La economía del sector público, tercera edición, Antoni Bosch editor, 2003,p.75-76

## 2. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA

Según lo explicitan Pedraja y Salinas<sup>8</sup>; Pedraja, Salinas y Suárez-Pandiello<sup>9</sup>; Lovell y Muñiz<sup>10</sup> y Fox<sup>11</sup>, el análisis de la eficiencia y su medición es un campo de creciente importancia en el ámbito general de las ciencias económicas, que a pesar de sus desarrollos consecuentes sigue estando en permanente desarrollo.

En este capítulo se presentan las técnicas para la medición de la eficiencia, considerando que existen en la actualidad dos grupos de técnicas claramente diferenciados: técnicas de tipo paramétricas y las no paramétricas. Adicionalmente y para Wagstaff<sup>12</sup>, una clasificación alternativa de estas dos técnicas es la de modelos estadísticos y modelos no estadísticos, donde los primeros tienden a realizar suposiciones sobre la naturaleza estocástica de los datos; y los métodos no estadísticos tienden a ser no paramétricos y deterministas. Ray y Mukherjee<sup>13</sup> explicitan que los métodos paramétricos trabajan con una forma funcional particular, situación que es diferente en los métodos no paramétricos.

Farrell<sup>14</sup> en 1957 con su trabajo, que se considera seminal en esta disciplina, genera grandes cambios en la forma o formas de medir la eficiencia, puesto que hasta ese momento las herramientas disponibles se basaban prioritariamente en estimaciones mediante Mínimos

---

<sup>8</sup> PEDRAJA, F., y SALINAS, J. El análisis envolvente de datos (DEA) y su aplicación al sector público: una nota introductoria. En: Hacienda Pública Española. Vol. 128, (1994), p. 119.

<sup>9</sup> PEDRAJA, F.; SALINAS, J., y SUÁREZ-PANDIELLO, J. La medición de la eficiencia en el sector público. En: ÁLVAREZ, A. (coord.). La medición de la eficiencia y la productividad. Madrid: editorial Pirámide, 2001. Capítulo 11, p. 251.

<sup>10</sup> LOVELL, C. A. K. y MUÑIZ, M. A. Eficiencia y productividad en el sector público. Temas dominantes en la literatura. En: Papeles de Economía Española. Vol. 95, (2002), p. 49.

<sup>11</sup> FOX, Kevin J. Efficiency in the Public Sector. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002, p 29.

<sup>12</sup> WAGSTAFF, A. Estimating efficiency in the hospital sector: a comparison of three statistical cost frontier models. En: Applied Economics. Vol 21, (1989), p. 661.

<sup>13</sup> RAY, S. y MUKHERJEE, K. Comparing parametric and nonparametric measures of efficiency: a reexamination of the Christensen-Green data. En: Journal of Quantitative Economics. Vol 11, No. 1 (ene, 1995), p. 160.

<sup>14</sup> FARRELL, M.J. The Measurement of Productive Efficiency. En: Journal of the Royal Statistical Society, 1957, Serie A (general), Vol.120 (III), p. 253-281.

Cuadrados Ordinarios<sup>15</sup>; método que solo contemplaba dentro de su estudio aquellas unidades consideradas eficientes y con el cual era totalmente imposible realizar análisis de las que no lo eran (ineficientes). La propuesta de Farrell consistió en medir la eficiencia de las unidades de producción de las organizaciones mediante indicadores, comparando estos indicadores con la función de producción; para ilustrarla utilizó como ejemplo sencillo una empresa que emplea dos insumos (inputs o entradas que denominó  $X_1$  y  $X_2$ ) para generar un producto (output o salida que denominó  $Y$ ), trabajando bajo un esquema de Rendimientos Constantes a Escala<sup>16</sup> y total conocimiento de la función de producción, bajo el supuesto de convexidad en  $X_1$  y  $X_2$ . Trabajó en la descomposición parcial de la eficiencia de cada una de las unidades estudiadas en sus correspondientes componentes técnicos y asignativos, logrando presentar toda la información en una única isocuanta<sup>17</sup>; de tal manera que todas aquellas unidades que lograsen hacer parte de aquella isocuanta se podrían y deberían considerar como eficientes y las que estuviesen por fuera de ella deberían entonces ser consideradas como no eficientes o ineficientes. Mediante trabajos y desarrollos posteriores realizados por diferentes autores aquella isocuanta de la propuesta de Farrell se ha convertido en lo que hoy se llama Frontera de Eficiencia o Frontera Eficiente: se trata de una línea que representa la mejor (mayor) eficiencia a la que pueden llegar las unidades productivas estudiadas, es decir que dicha frontera está formada por las unidades

---

<sup>15</sup> Mínimos Cuadrados Ordinarios MCO: Método econométrico que se basa en el procesamiento estadístico y que permite encontrar los Mejores Estimadores Lineales Insesgados, está vinculado con la regresión y la correlación, ambas determinan la existencia de relación entre dos o mas variables (siempre una dependiente y una o varias independientes), la diferencia radica en que la regresión se expresa en una función o relación funcional mediante una ecuación con su uso predictivo, y la correlación es un valor que mide la intensidad con que están relacionadas linealmente las variables, se está hablado de una regresión o correlación simple cuando se relacionan 2 variables, si existen mas se habla de una correlación múltiple. De tal manera que se trata de encontrar una método para hallar una recta que se ajuste de una manera adecuada a la nube de puntos definida por todos los pares de valores muestrales, este método de estimación se fundamenta en una serie de supuestos; los que hacen posible que los estimadores poblacionales que se obtienen a partir de una muestra, adquieran propiedades que permitan señalar que los estimadores obtenidos sean los mejores. Supuesto 1: El modelo de regresión es lineal en los parámetros. Supuesto 2: Los valores que toma el regresor son considerados fijos en muestreo repetido. Supuesto 3: El valor esperado del término aleatorio de perturbación es cero. Supuesto 4: Homoscedasticidad.

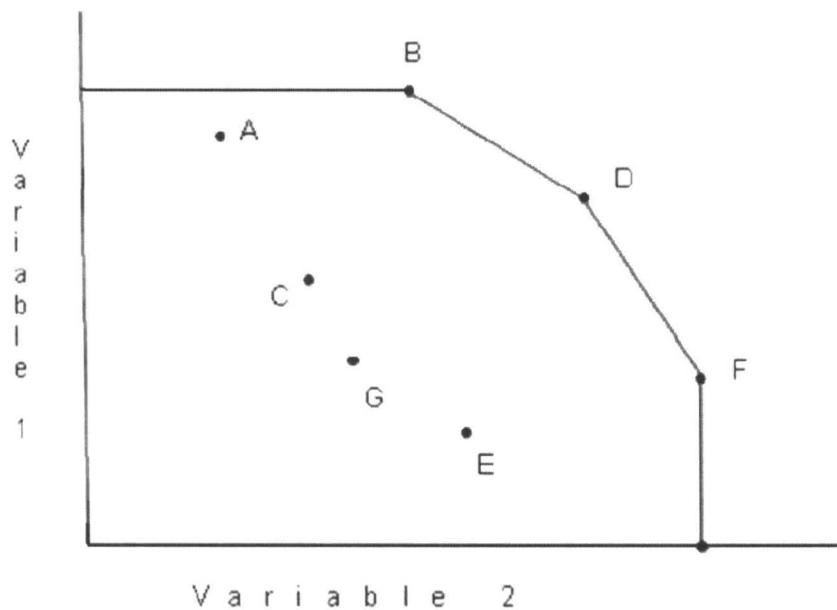
<sup>16</sup> Los rendimientos de escala expresan cómo varía la cantidad producida por una empresa a medida que varía el uso de todos los factores que intervienen en el proceso de producción en la misma proporción. Se dice que son constantes cuando variando en una proporción determinada la cantidad de factores utilizada, la cantidad producida varía en la misma proporción, matemáticamente:  $kf(x_1, x_2) = f(kx_1, kx_2)$ . En donde  $f(\cdot)$  es la función de producción y  $x_1$  y  $x_2$  son los factores de producción. Ejemplo: Función de Producción Cobb-Douglas:  $f(K,L) = K^{1/2}L^{1/2}$ , Si se duplica la cantidad de factores utilizada:  $f(2K, 2L) = (2K)^{1/2}(2L)^{1/2} = 2^{1/2}K^{1/2}2^{1/2}L^{1/2} = 2K^{1/2}L^{1/2}$ . Entonces  $f(2K, 2L) = 2K^{1/2}L^{1/2}$ . El fenómeno de los rendimientos constantes no es tan improbable como puede parecer a primera vista, ya que una empresa puede hacer una réplica exacta de sí misma. La “nueva” empresa, producirá exactamente lo mismo, de modo que si utilizara el doble de factores de producción, entonces produciría el doble. Definición extraída de: [www.zonaeconomica.com](http://www.zonaeconomica.com).

<sup>17</sup> isocuanta (del griego isos=igual y del latín=quanta= cantidades): curva que representa un espacio de insumos que muestran todas las combinaciones posibles de dos o más insumos o factores de producción que son físicamente capaces de generar un mismo nivel o volumen de producción.

productivas que son plenamente eficientes teniendo como referencia el total de unidades estudiadas y aquellas que no estén allí son ineficientes en mayor o menor grado.

Para mayor claridad es necesario mostrar gráficamente un ejemplo: en la Figura 1. se detallan siete unidades productivas (A, B, C, D, E, F; G) graficando con dos variables: variable 1 y variable 2. Las unidades B, D y F, dado que conforman la frontera, son eficientes; las restantes: A, C, E y G, al no estar contenidas en la frontera; se consideran ineficientes.

Figura 1. Frontera eficiente



De todo lo anterior se puede establecer que en la propuesta de Farrell el problema era conocer el valor de la isocuanta es decir conocer la función de producción. Pero en la práctica, y como fue reconocido por el mismo autor, realmente es imposible establecer el valor exacto de esta función (aunque si se puede llegar a un valor estimativo), de tal manera que lo que Farrell hizo fue aludir a dos caminos para lograr su estimación: uno mediante métodos paramétricos y el segundo mediante la programación matemática.

De tal manera que en el intento de desarrollar una herramienta que permitiese medir la eficiencia de las unidades de producción, Farrell crea un modelo con dos aspectos de

crucial importancia: el primero, la posibilidad de hacer comparaciones de la eficiencia entre unidades productivas mediante una frontera; el segundo, proponer como salida para estimar la función de producción dos caminos, que en la actualidad son conocidos como los modelos: paramétricos y no paramétricos.

No obstante todo lo anterior es importante mencionar lo escrito por Fare, Grosskopf y Lovell<sup>18</sup> en su momento; estos autores aludían inicialmente a que los más modernos escritores de la época sobre teoría del productor, frecuente y explícitamente, asumían que los productores eran eficientes; de tal manera que la medición de la ineficiencia no era materia importante en ese momento. Para estos autores los primeros esfuerzos en investigación de la eficiencia y su medición, fueron hechos por Koopmans en sus obras *Activity analysis of production and allocation* de 1951 y *Three essays on the state of economic science* de 1957 y por Debreu con *The coefficient of resource utilization* en 1951. Adicionalmente dejaron claro que Koopmans realizó la definición y caracterización de la eficiencia técnica y Debreu fue quien generó la medida o índice de esta eficiencia con su ***coeficiente de utilización de recursos***; sin embargo también reconocen que de lejos es Farrell, el escritor más influyente en esta materia y que propuso diferentes indicadores.

En el primer capítulo de Fried, Lovell y Schmidt<sup>19</sup>, sobre fronteras de producción y eficiencia productiva se dice que existen prioritariamente dos razones respecto al interés en estudiar la medida de la eficiencia y la productividad, primera: porque es importante conocer una medida del desempeño mediante indicadores según la unidad que está siendo evaluada y la segunda: porque es importante conocer las fuentes de la eficiencia y poder separar los efectos del medio ambiente de la producción.

En el libro de Coelli, Prasada y Battese<sup>20</sup>, se encuentran detallados diferentes programas de computador que pueden ser usados para llegar a establecer medidas de eficiencia, como por ejemplo: SHAZAM, TFPIP, DEAP y FRONTIER. Si se quiere ahondar en el estudio de las fronteras estocásticas para la medición de la eficiencia una buena opción es Kumbhakar y Lovell<sup>21</sup> quienes exponen la metodología utilizando la función tradicional Cobb-Douglas

---

<sup>18</sup> FARE, R.; GROSSKOPF, S. y LOVELL, C.A.K. *The Measurement of Efficiency of Production*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1985. 216 p.

<sup>19</sup> FRIED, H.O.; LOVELL C.A. y SCHMIDT S.S. *The Measurement of Productive Efficiency*. New York: Oxford University Press, 1993, 20 p.

<sup>20</sup> COELLI, T.; PRASADA, D.S y BATTESE, G.E. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 271 p.

<sup>21</sup> KUMBHAKAR, S.C. y LOVELL, C.A.K. *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 344 p.

con aplicaciones. En Álvarez<sup>22</sup> se encuentra un compendio clasificado de las diferentes formas de medición de la eficiencia agrupándolas en metodologías paramétricas y no paramétricas.

## 2.1 MODELOS PARAMÉTRICOS

También denominados modelos estadísticos o estocásticos. Se apoyan fundamentalmente en dos pilares: los métodos econométricos<sup>23</sup> para la estimación de la función de producción con una forma funcional concreta y predeterminada, y la distribución estadística de los términos de la ineficiencia. Los métodos paramétricos parten de planteamientos deterministas a los que poco a poco se les han venido sumando técnicas de naturaleza estocástica. A partir del trabajo de Farrell, la mayoría de los científicos e investigadores optaron por escoger el camino paramétrico, tal vez por el previo conocimiento que se tenía de la metodología estadística; fueron desarrollados prioritariamente por economistas. La característica básica de estos modelos es que la tecnología de producción relaciona los recursos (inputs) empleados, con los productos (outputs) obtenidos mediante una determinada función matemática que se presupone es conocida.

**2.1.1 Enfoque Determinista** Fue el primer enfoque que se publicó para llegar a la determinación de la frontera de producción, fue desarrollado por Aigner y Chu<sup>24</sup>, se denominó así puesto que atribuye la ineficiencia a toda desviación de las observaciones respecto a la frontera; para su estimación se ha echado mano a programas matemáticos capaces de minimizar la suma de los residuos en valor absoluto o el cuadrado de esta. En la actualidad se considera que ha sido asimilado por los métodos de frontera estocásticos.

**2.1.2 Método de Máxima Verosimilitud** Con posterioridad a la aparición del enfoque determinista Afriat<sup>25</sup>, Schmidt<sup>26</sup> lo proponen; se considera que, en cierto modo, esta

---

<sup>22</sup> ALVAREZ Pinilla, Antonio. (coord.)(2001): La medición de la eficiencia y la productividad. Madrid: editorial Pirámide, 2001. 363 p.

<sup>23</sup> Los métodos econométricos permiten estimar los valores desconocidos de los parámetros de la relación y efectuar diversos contrastes respecto a la validez del modelo, ayudando a seleccionar las variables explicativas que manifiestan una mayor incidencia sobre la variable explicada. "Todo economista, le guste o no, es un econométra, porque mientras no seamos capaces de explicar nuestros argumentos en cifras, la voz de nuestra ciencia, aunque pueda ayudar ocasionalmente a dispersar errores groseros, nunca será oída por los hombres prácticos. Todos estos son, por instinto, econométras, en su desconfianza de las cosas no sujetas a una prueba exacta" Schumpeter, Joseph.

<sup>24</sup> AIGNER, Dennis J. y CHU, S.F. On estimating the industry production function. En: The American Economic Review. Vol. 58, No. 4 (1968); p. 826-839.

<sup>25</sup> AFRIAT, S. N. Efficiency estimation of production functions. En: International Economic Review. Vol. 13, No. 3 (1972); p. 568-598.

propuesta mejora el enfoque determinista. Este método a menudo proporciona estimadores insesgados de mínima varianza<sup>27</sup>.

La función de verosimilitud de una muestra o conjunto de variables aleatorias  $X_1, X_2, \dots, X_n$  se define como la función conjunta de densidad de dichas variables. Si se representa por  $L(X, \theta)$  la función de verosimilitud, entonces está dada por:

$$L(X, \theta) = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Como las variables son independientes, entonces la función de verosimilitud se puede expresar como:

$$L(X, \theta) = f(X_1, X_2, \dots, X_n) = f_1(X_1, \theta) f_2(X_2, \theta) \dots f_n(X_n, \theta) = \prod_{i=1}^n f_i(X_i, \theta)$$

Ahora, como las variables son idénticamente distribuidas, la función de densidad conjunta puede expresarse como:

$$L(X, \theta) = \prod_{i=1}^n f(X_i, \theta)$$

Dado que se toma la muestra aleatoria y se obtienen los resultados

$X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n$ , y como la función de verosimilitud es una función de densidad, entonces el objetivo que se pretende con el método de estimación es encontrar aquellos valores de los parámetros que maximicen la probabilidad de obtener los valores que se dieron en la muestra. Por lo tanto, para encontrar estos estimativos se debe derivar la función de verosimilitud con respecto a cada uno de los parámetros a estimar, igualar a cero y despejar el respectivo valor.

---

<sup>26</sup> SCHMIDT, P. On the statistical estimation of parametric frontier production functions. *En*: Review of Economics and Statistics. Vol. 58, (1976); p. 238-239.

<sup>27</sup> Si  $\hat{\theta}_1$  y  $\hat{\theta}_2$  son dos estimadores insesgados de  $\theta$  y la varianza  $\hat{\theta}_1$  es menor o igual que la varianza de  $\hat{\theta}_2$ , entonces  $\hat{\theta}_1$  es un estimador insesgado de mínima varianza.



Es decir

$$\partial L(X, \theta) / \partial \theta_j = 0 \quad \Rightarrow \quad \theta_j = g(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Como generalmente la función de verosimilitud es compleja y difícil de evaluar, y dado que existe una relación biunívoca entre una función y su logaritmo, entonces se prefiere encontrar la derivada del logaritmo de la función de verosimilitud, así:

$$\partial \ln(L(X, \theta)) / \partial \theta_j = 0 \quad \Rightarrow \quad \theta_j = h(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

La condición necesaria para obtener un máximo o un mínimo es que la primera derivada sea cero. La condición suficiente para obtener un máximo cuando sólo se trata de un parámetro es que la segunda derivada, evaluada en el valor encontrado al realizar la primera derivada, sea menor de cero. Es decir:

$$\frac{\partial^2 \ln(L(X, \theta^*))}{\partial \theta^2} < 0$$

Si el parámetro solamente puede tomar algunos valores específicos (discretos), no se puede usar el cálculo diferencial, sino que se deben analizar varios valores posibles del parámetro, y se escoge aquel valor para el cual la probabilidad de ocurrencia es máxima. Por ejemplo, se lanza al aire una moneda 10 veces, y se observan 6 caras, y se necesita estimar la probabilidad de que la moneda caiga en cara. Si  $q$  representa la probabilidad de que una moneda caiga en cara, entonces la probabilidad de obtener  $x$  caras en  $n$  lanzamientos de una moneda está dada por la distribución binomial:

$$p(x) = \binom{n}{x} \theta^x (1-\theta)^{n-x}, \quad x = 0, 1, \dots, n$$

Si el parámetro  $\theta$  puede tomar los valores 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, las probabilidades de obtener 6 caras en 10 lanzamientos de la moneda están dadas en el Cuadro 1., para los valores del parámetro  $\theta$  arriba mencionado.

Cuadro 1. Valores de probabilidad ante valores asumidos por  $\theta$

Parámetro	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
$\theta$	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
$P(x=6)$	0,0368	0,0689	0,1115	0,1596	0,2051	0,2384	0,2508	0,2377	0,2001

Del Cuadro 1. se observa que el valor que maximiza la probabilidad de ocurrencia es

$$\hat{\theta} = 0.60$$

Características del método:

- Este método produce estimadores que son funciones de estadísticos suficientes, si el estimador máximo verosímil es único.
- Proporciona estimadores eficientes, es decir, de varianza mínima.
- Los estimadores generalmente son sesgados, pero son asintóticamente insesgados.

Este apartado ha sido extractado de las siguientes fuentes adicionales: Alcaide Inchausti, Angel y Alvarez Vázquez, Nelson. *Econometría: Modelos deterministas y estocásticos*, Editorial Ramón Areces, 1992. Hanke, John E. y Wichern, Dean W. *Pronósticos en los negocios*, octava edición, Pearson Educación, 2006. Red Internacional de Comparaciones para Empresas de Aguas y Saneamiento <http://www.ib-net.org/sp/>, De Rus Mendoza, Ginés, Campos Javier y Nombela Gustavo. *Economía del transporte*, Antoni Bosch editor, 2003. Harris, Daniel C. *Análisis químico cuantitativo*, tercera edición, Reverté, 2007. Freund, John E., Miller, Irwin y Miller, Marylees. *Estadística matemática con aplicaciones*, sexta edición, Pearson Educación, 2000.

2.1.3 Método de Mínimos Cuadrados Corregidos O Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios Corregido (MCOC) propuesto por Richmond<sup>28</sup>. Para mostrar este método es necesario inicialmente mostrar el Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Las técnicas MCO consisten en realizar una comparación que relacione el desempeño de una organización o unidad en particular con lo que se podría esperar: una estimación de una función de producción o costos promedio de una muestra de empresas u organizaciones. Básicamente, el método se refiere a la estimación de una forma funcional de regresión para los costos o la producción utilizando el enfoque de MCO. El análisis de regresión lineal pretende generar una relación entre el desempeño de la unidad (en términos del producto o costo total) y las condiciones del mercado y las características de los procesos de producción. El análisis estadístico puede independizar los impactos de condiciones específicas o niveles de producto de modo tal que se puedan establecer los papeles que desempeñan las variables independientes. Los datos correspondientes a las organizaciones que están siendo comparadas pueden luego ser utilizados para obtener dimensiones esperadas del desempeño de la organización, dadas las variables que caracterizan a cada

---

<sup>28</sup> RICHMOND, J. Estimating the Efficiency of Production. *En: International Economic Review*. Vol. 15, (1974); p.515-521.

empresa. Para tener éxito en su aplicación es menester seguir algunos puntos: seleccionar tanto de la medida de costos (o producto) como de la de las variables exógenas; estimar la función de costos (o producción) del sector en cuestión; calcular el coeficiente de eficiencia correspondiente a cada organización dentro del sector en cuestión. La producción proyectada en comparación con la producción real brinda la medida del desempeño relativo. Luego se puede evaluar estadísticamente la calidad de estos resultados. Como ventajas están: El método estadístico revela información acerca de las estructuras de costos y distingue entre los roles de las diferentes variables en la afectación del producto. Los coeficientes pueden interpretarse en términos de los factores determinantes de los costos o la forma en que los insumos contribuyen al producto. Las desventajas: Es necesario contar con un importante grupo de datos para obtener resultados confiables. Los resultados de la regresión son sensibles a la forma funcional, puesto que puede suceder que no se interprete correctamente el error, lo que puede generar conclusiones muy diversas, dependiendo de la forma en que se haya organizado inicialmente la regresión. Cuando, partiendo de los resultados arrojados por MCO, se desplaza la línea hacia la organización con mejor desempeño; se está abordando la metodología de los Mínimos Cuadrados Corregidos (MCOC). Entonces, en esencia, los modelos MCOC no son sino una función promedio desplazada. Existen dos pasos a seguir: obtener el valor esperado del término de error y desplazar o “centrar” la ecuación. Al utilizar los modelos MCO o MCOC, se considera una buena práctica realizar un análisis por cuantiles. El análisis por cuantiles sirve para superar el efecto posible de valores atípicos sobre la media estimada, lo que le permite al analista detectar la presencia de prestadores en cuantiles específicos o extremos, como por ejemplo los cuantiles más bajos (25%) y los más altos (75%). Ventajas: por ser un método estadístico revela información acerca de las estructuras de costos y distingue entre los roles de las distintas variables en la afectación del producto. Desventajas: al igual que ocurre en el caso del modelo MCO, se necesita contar con un conjunto de datos importante para obtener resultados confiables. Los resultados de la regresión son sensibles a la forma funcional si no se interpreta correctamente el error, lo que puede generar conclusiones disímiles dependiendo de la organización inicial de la regresión. Los resultados son particularmente sensibles a los valores atípicos, dado que el prestador con “mejor” desempeño en cualquier dimensión sirve para casi predeterminar el valor estimado. En consecuencia, los puntajes de desempeño son muy sensibles a los valores atípicos.

Este apartado ha sido extractado de las siguientes fuentes adicionales: Alcaide Inchausti, Angel y Alvarez Vázquez, Nelson. *Econometría: Modelos deterministas y estocásticos*, Editorial Ramón Areces, 1992. Hanke, John E. y Wichern, Dean W. *Pronósticos en los negocios*, octava edición, Pearson Educación, 2006. Red Internacional de Comparaciones para Empresas de Aguas y Saneamiento <http://www.ib-net.org/sp/>, De Rus Mendoza, Ginés, Campos Javier y Nombela Gustavo. *Economía del transporte*, Antoni Bosch editor, 2003. Harris, Daniel C. *Análisis químico cuantitativo*, tercera edición, Reverté, 2007. Freund, John E., Miller, Irwin y Miller, Marylees. *Estadística matemática con aplicaciones*, sexta edición, Pearson Educación, 2000.

2.1.4 Modelo de Frontera Estocástica (SFA)<sup>29</sup> Para Levitt y Joyce<sup>30</sup> es una técnica econométrica que usa el análisis de regresión para estimar la función de producción, estimando el máximo output a que dan lugar los inputs considerados según las entidades más eficientes de la muestra. Se considera que de los modelos paramétricos es el más utilizado puesto que su propia evolución lo ha llevado a dar solución tanto a sus propios problemas como a los que han sido producidos al interior de otras técnicas paramétricas; por ejemplo según Stigler<sup>31</sup> se podía argumentar en su momento que cada observación de la combinación entrada-salida es eficiente y cualquier medida de ineficiencia se debía a la diferencia generada por las variables excluidas. En su momento, Aigner y Chu<sup>32</sup> intentando reducir el impacto de los errores de la medida en la estimación de la frontera sugieren la eliminación de las observaciones más próximas a estas, tras la primera estimación, creando lo que se llamó el Enfoque de Frontera Probabilística. Sin embargo no tuvo mucho impacto en el medio científico y a partir de 1977, con los trabajos de Aigner, Knox y Schmidt<sup>33</sup> y Meeusen y Van Den Broeck<sup>34</sup> aparece SFA. Pese a que en sus inicios el enfoque estocástico parecía resolver el problema de los errores, la identificación de la ineficiencia reemplazó esta problemática. Jondrow et al<sup>35</sup> consiguen dar salida a esta situación. Según Wagstaff<sup>36</sup> con SFA las unidades observables se miden usando los residuos de la ecuación estimada y el error se divide en estocástico e ineficiencia sistemática; se construye una frontera paramétrica simple, que cuenta con sus respectivos errores de tipo estocástico, requiriendo supuestos específicos sobre la tecnología y la ineficiencia, la cual puede llegar a ser inapropiada o muy restrictiva. Al utilizar esta técnica se genera un error estocástico y un término ineficiente a través de los residuos de la frontera de producción estimada. Las fronteras estocásticas pueden clasificarse en fronteras de Producción, Costos y Distancia de Insumos. La frontera de producción revela las relaciones técnicas entre los insumos y los productos de las empresas o unidades y representa una alternativa cuando no es posible

---

<sup>29</sup> Por sus siglas en inglés: Stochastic Frontier Analysis.

<sup>30</sup> LEVITT, M. S. y JOYCE, M. A. S. The growth and efficiency of public spending. Cambridge: Cambridge University Press, 1987, p 35.

<sup>31</sup> STIGLER, G. The Xistence of X-Efficiency. En: American Economic Review. Vol. 66, (1976), p. 214.

<sup>32</sup> AIGNER, Dennis J. y CHU, S.F. On estimating the industry production function. En: The American Economic Review. Vol. 58, No. 4 (1968); p. 826-839.

<sup>33</sup> AIGNER, Dennis J.; KNOX LOVELL, C. A. y SCHMIDT, Peter. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. En: Journal of Econometrics. Vol. 6, (1977); p. 21-37.

<sup>34</sup> MEEUSEN, W. y VAN DEN BROECK, Julien. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. En: International Economic Review. Vol. 18, (1977); p. 435-444.

<sup>35</sup> JONDROW, J.; LOVELL, C. A. Knox; MATEROV, I. S. y SCHMIDT Peter. On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. En: Journal of Econometrics. Vol. 19, (1982); p. 233-238.

<sup>36</sup> WAGSTAFF, A. Estimating efficiency in the hospital sector: a comparison of three statistical cost frontier models. En: Applied Economics. Vol 21, (1989), p. 668.

calcular fronteras de costos debido a la falta de datos. El producto estimado es el máximo producto posible para los insumos dados de determinada empresa. La diferencia de producto que se obtiene en el cálculo se interpreta como ineficiencia técnica de cada empresa en particular. En la frontera de producción, la opción más sensata es la de utilizar Rendimientos Variables a Escala<sup>37</sup>, y es necesario incluir cambios de eficiencia a escala apropiada al calcular la productividad total de los factores. La frontera de costos muestra los costos como una función del nivel de producto/s y los precios de los insumos. Conceptualmente, la función de costo mínimo define una frontera que muestra los costos técnicamente posibles asociados a diversos niveles de insumos y variables de control. Se prefiere el uso de fronteras de costos totales por sobre fronteras de costos variables o costos de gastos para explicar la sustituibilidad de los insumos de los factores. La eficiencia de costos contiene los efectos de la eficiencia técnica y asignativa. Cada criterio (producción o costos) puede generar resultados distintos. La diferencia será mayor si existen grandes distorsiones asignativas. En este caso, los parámetros de la frontera de costos estarán sesgados. Un factor importante que debe considerarse al elegir entre una frontera de costos y una frontera de producción consiste en que, por lo general, las empresas reguladas están obligadas a prestar el servicio a la tarifa predeterminada y deben satisfacer la demanda. En este sentido, las empresas no tienen permitido elegir su propio nivel de producto, lo que convierte al producto en una variable exógena. La empresa regulada maximiza sus beneficios mediante la minimización de los costos de producir un nivel dado de producto. El costo es la variable opcional para la empresa, por lo que el enfoque de frontera de costos constituye la opción más sensata. Por último, la frontera de distancia de insumos es la opción obvia para las industrias reguladas en las que la cantidad de producto es exógena y las cantidades de insumos son endógenas, y en aquellos casos en los que la naturaleza de la tecnología es de múltiples productos o no existen datos disponibles sobre los precios de los insumos. La función de distancia puede tener tanto orientación de entradas como de salidas; la orientación de entradas considera cuánto puede contraerse proporcionalmente el vector de insumos si se mantiene fijo el vector de producto y la orientación de salidas considera cuánto puede expandirse proporcionalmente el vector de producto si se mantiene fijo el vector de insumos. La ventaja que ofrece la frontera de distancia respecto de la frontera de costos es que no se trabaja sobre el supuesto de que la empresa está minimizando sus costos. Respecto de la frontera de producción, la ventaja radica en que evita el problema endógeno. En cuanto a las ventajas de las Fronteras Estocásticas: Representan el ruido de los datos, como por ejemplo errores en los datos y variables omitidas; pueden utilizarse pruebas estadísticas estándar para comprobar las hipótesis sobre especificación del modelo y la importancia y significancia de las variables incluidas en el modelo; también se puede modelar los efectos de otras variables (por ejemplo, medioambiente, calidad). Desventajas: Se necesita la especificación de la forma funcional y tecnología de producción; asimismo,

---

<sup>37</sup> Una empresa tiene una Función de Producción con Rendimientos Variables a Escala, cuando existen tanto Rendimientos Crecientes como Decrecientes. Los Rendimientos Crecientes suceden cuando multiplicando los factores de producción por una cantidad determinada  $t$ , se obtiene una cantidad producida mayor a  $t$ . Esto se puede expresar matemáticamente a través de la siguiente ecuación:  $f(kx_1, kx_2) > kf(x_1, x_2)$ . Los decrecientes ocurren cuando aumentando todos los factores de producción en la misma proporción, la cantidad producida aumenta en una proporción menor. En términos matemáticos:  $f(kx_1, kx_2) < kf(x_1, x_2)$ .

la separación de ruido e ineficiencia se basa en fuertes supuestos sobre la distribución del error.

Teniendo en cuenta el enfoque expuesto por Kumbhakar y Lovell<sup>38</sup>, y partiendo del hecho que la función Cobb-Douglas ha sido una de las más populares, se determina entonces que su forma funcional linealizada es:

$$y = X\beta + \varepsilon.$$

Donde  $y$  es el vector del logaritmo natural del producto obtenido, la matriz  $X$  está compuesta por una columna de unos y por el logaritmo natural de cada uno de los insumos involucrados en el proceso y  $\varepsilon$  es el término estocástico de perturbación que se constituye en uno de los aportes iniciales en lo referente a la teorización. Para la  $i$ -ésima unidad productiva el término aleatorio se podría considerar compuesto por un ruido simétrico normalmente distribuido así:

$$v_i \sim N[0, \sigma_v^2]$$

y por un término no negativo de ineficiencia:  $u_i$  distribuido como seminormal:

$$u_i \sim N^+[0, \sigma_u^2]$$

los cuales se distribuyen entre sí de manera independiente<sup>39</sup>.

Para un conjunto de  $k$  insumos  $X_j$ , la función de producción de la  $i$ -ésima unidad productiva se puede expresar como:

$$Y_i = f(x_{1i}, \dots, x_{ki}; \beta) \exp(v_i - u_i)$$

Siendo  $Y_i$  el producto de la  $i$ -ésima unidad, y  $\beta$  es el parámetro que asocia los insumos con el producto. El nivel eficiente de producción de la frontera estimada excluye al término de ineficiencia  $u$  y por tanto se puede representar así:

$$Y_i = f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}; \beta) \exp(v_i)$$

---

<sup>38</sup> KUMBHAKAR, S.C. y LOVELL, C.A.K. Stochastic Frontier Analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 344 p.

<sup>39</sup> Nótese que se considera que  $\varepsilon_i = v_i - u_i$

De esta manera, la razón de la producción de la firma con respecto a la de la frontera es:

$$\exp(-u_i)$$

De acuerdo con los autores referidos anteriormente la densidad marginal de  $\varepsilon$  se obtiene integrando a  $u$  de  $f(u, \varepsilon)$  a través del espectro comprendido entre 0 e infinito  $(0, \infty)$ ; con resultado:

$$2\sigma^{-1} \varphi(\varepsilon\sigma^{-1})\Phi(-\varepsilon\lambda\sigma^{-1})$$

donde  $\sigma = [\sigma_u^2 - \sigma_v^2]^{1/2}$ ,  $\lambda = \sigma u / \sigma v$  y  $\varphi(t)$  y  $\Phi(t)$  son funciones de densidad y de distribución normal estándar, respectivamente. De tal manera, entonces, que el logaritmo natural de la función verosimilitud para una muestra de  $n$  productores sería: (con  $k$  como una constante )

$$\ln L = k - n \ln \sigma + \sum \ln \Phi(-\varepsilon_i \lambda \sigma^{-1}) - (2\sigma^2)^{-1} \sum \varepsilon_i^2$$

Para lograr establecer la estimación de la eficiencia técnica de cada firma es necesario inicialmente calcular la maximización de la expresión anterior, que genera el conjunto de estimadores máximo-verosímiles; como se cuenta con los estimados de  $\varepsilon_i = v_i - u_i$ , se posee alguna información sobre  $u_i$ . Si  $\varepsilon_i > 0$ , entonces  $u_i$  no es muy grande lo cual sugeriría que esta firma es relativamente eficiente. En cambio si  $\varepsilon_i < 0$ , entonces  $u_i$  es muy grande y se considera que esta firma es relativamente ineficiente; de tal manera que de lo que se trata es de independizar la información que  $\varepsilon_i$  contiene respecto a  $u_i$ . Esto quiere decir que un punto muy importante a considerar es el efecto de la distribución que se asume para el término  $u$ .

Este apartado ha sido extractado de las siguientes fuentes adicionales: Alcaide Inchausti, Angel y Alvarez Vázquez, Nelson. *Econometría: Modelos deterministas y estocásticos*, Editorial Ramón Areces, 1992. Hanke, John E. y Wichern, Dean W. *Pronósticos en los negocios*, octava edición, Pearson Educación, 2006. Red Internacional de Comparaciones para Empresas de Aguas y Saneamiento <http://www.ib-net.org/sp/>, De Rus Mendoza, Ginés, Campos Javier y Nombela Gustavo. *Economía del transporte*, Antoni Bosch editor, 2003. Harris, Daniel C. *Análisis químico cuantitativo*, tercera edición, Reverté, 2007. Freund, John E., Miller, Irwin y Miller, Marylees. *Estadística matemática con aplicaciones*, sexta edición, Pearson Educación, 2000.

## 2.2 MODELOS NO PARAMÉTRICOS

Partiendo, nuevamente, del mencionado trabajo de Farrell publicado en 1957 y teniendo como referente el año 1978<sup>40</sup>; se puede establecer que existieron aportes al desarrollo de este tipo de modelos realizados por Seiford<sup>41</sup>; Farrell y Fieldhouse<sup>42</sup> y adicionalmente por Boles<sup>43</sup>, sin embargo no fueron tenidos en cuenta en toda su dimensión e importancia por la comunidad académica; hasta la aparición del trabajo de Charnes, Cooper y Rhodes<sup>44</sup>, aportando el modelo CCR. Se podría considerar que la razón fundamental de este comportamiento excluyente es que se consideraba que aquellos estudios que no estuviesen cimentados en bases estadísticas no se debían considerar idóneos y sus resultados debían carecer de fiabilidad; es decir no eran robustos.

Como algunas de las características se pueden mencionar: construcción de la Función de Producción empírica<sup>45</sup>, la medición de la eficiencia se realiza comparando cada unidad con las restantes mediante una combinación lineal obteniendo indicadores para cada una de las unidades, cálculo de las tasas de eficiencia individual en técnicas no estadísticas de programación matemática, flexibilidad, desarrollos con situaciones multi-output y/o multi-input,

### 2.2.1 Data Envelopment Analysis DEA

Es conocida también por su traducción al español, como: Análisis Envolvente de Datos. En opinión de Allen, Athanopoulos, Dyson y Thanassoulis<sup>46</sup> es catalogada como una de las herramientas metodológicas más importantes para el cálculo de la eficiencia relativa,

---

<sup>40</sup> Se considera este año como la aparición de la primera publicación del Análisis Envolvente de Datos, herramienta con la que se inició la investigación referente al segundo camino propuesto por Farrell en 1957.

<sup>41</sup> SEIFORD, Lawrence M. Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978-1995). En: The Journal of Productivity Analysis. Vol. 7, (1996); p. 99-137.

<sup>42</sup> FARRELL, M. J. y FIELDHOUSE, M. Estimating efficient production functions under increasing return to scale. En: Journal of the Royal Statistical Society. Vol. 125 serie A, (1962); p. 252-267.

<sup>43</sup> BOLES, J. N. The measurement of productive efficiency: the Farrell approach. University of California (Berkeley), Giannini Foundation of Agricultural Economics, enero 1971.

<sup>44</sup> CHARNES, A.; COOPER, W.W. y RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. En: European Journal of Operation Research. Vol. 2, No. 6, (1978); p. 429-444.

<sup>45</sup> No se supone una forma funcional concreta y preestablecida.

<sup>46</sup> ALLEN, R.; ATHANASOPOULOS, A.; DYSON, R.G. y THANASSOULIS, E. Weights restrictions and value judgments in data envelopment analysis: evolution, development and future directions. En: Annals of Operations Research. Vol. 73, (1997), p 14.



argumento sustentado según Tavares<sup>47</sup> por las más de 3.200 publicaciones adelantadas, tan solo, durante los primeros 22 años desde su aparición. Según Charnes, Cooper, Lewin y Seiford<sup>48</sup> la historia comienza con el desarrollo de la tesis doctoral de Edwardo Rhodes en la Universidad de Carnegie Mellon supervisada por W.W.Cooper, en la cual se realizaba la evaluación del Programa Follow Through que consistía en un programa educacional para estudiantes desaventajados; la investigación académica-educacional de Rhodes tenía como objeto de estudio a los colegios públicos de Estados Unidos y se desarrolló con el apoyo del Gobierno Federal Estadounidense. Específicamente, el análisis conllevaba el comparar las prácticas realizadas por cada uno de los colegios públicos participantes en el programa, con el objetivo de medir las actuaciones de los colegios en términos de salidas (outputs) y de entradas (Inputs). Con salidas del tipo: incremento de la autoestima de los niños desventajados, y entradas como: tiempo que las madres dedican a leer con sus hijos. Investigación que se convierte en un desafío al tener que establecer la eficiencia técnica relativa de los colegios, utilizando múltiples entradas y salidas, sin contar con la típica información respecto a los precios<sup>49</sup>; y que finalmente concluye en la primera formulación del modelo CCR (por el nombre de sus autores Charnes, Cooper y Rhodes) dando inicio a lo que posteriormente se denominó DEA; y adicionalmente generando en 1978 la primera publicación al respecto<sup>50</sup>. En esta formulación utilizaron el método de optimización de programación lineal para generalizar la medida de la eficiencia técnica, contemplando una única entrada y una única salida partiendo de la propuesta de Farrell; estableciendo una medida de eficiencia y productividad para múltiples entradas y salidas mediante la construcción de entradas y salidas virtuales. Así DEA nació como una novedosa herramienta científica de dirección para analizar la eficiencia técnica de las unidades de decisión del sector público. A partir de este momento empieza un rápido desarrollo y evolución del análisis envolvente de datos, convirtiéndose progresivamente en un conjunto de conceptos y metodologías, los cuales se fueron concretando en un abanico de modelos; a continuación de la aparición del ya mencionado modelo CCR, se da a la luz pública el modelo BCC en 1984<sup>51</sup>, llamado de esta manera en orden a sus autores: Banker, Charnes y Cooper; este modelo establece la diferencia entre ineficiencia técnica y de escala, teniendo en cuenta y partiendo del hecho de la existencia de una determinada escala de operaciones para la estimación de la mencionada eficiencia técnica y adicionalmente identificando la

---

<sup>47</sup> TAVARES, G. A Bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-2001). En: RUTCOR Research Report RRR 01-02, Rutgers University, New Jersey. (2002), p 3.

<sup>48</sup> CHARNES, Abraham; COOPER William Wager; LEWIN, Arie Y. y SEIFORD Lawrence M. Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994, p. 3.

<sup>49</sup> Situación que no permitía la aplicación de métodos paramétricos.

<sup>50</sup> Measuring the efficiency of decision making units. En: European Journal of Operational Research. Vol. 2, No. 6; p. 429-444.

<sup>51</sup> Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. En: Management Science Vol. 30, No. 9; p. 1078-1092.

existencia de decrementos, incrementos y la posibilidad de la existencia de rendimientos de escala que estén presentes en posteriores procesos. Según Charnes et al<sup>52</sup> y 1983<sup>53</sup> otro modelo que merece ser mencionado es el denominado Multiplicativo el cual trabaja una envolvente lineal logarítmica generada mediante una determinada interpretación de la función Cobb-Douglas. También como aporte de Charnes, Cooper, Golany, Seiford y Stutz<sup>54</sup> está el llamado Modelo Aditivo el cual relaciona los resultados de eficiencia con el concepto económico del Óptimo de Pareto. No obstante todo lo anterior, los modelos más utilizados son el modelo original CCR y el segundo modelo BCC.

**Definición de DEA** Múltiples definiciones de análisis envolvente de datos existen en la literatura, a modo de ejemplo se mencionaran las siguientes: para Nunamaker<sup>55</sup> es una técnica que, partiendo de la existencia de múltiples entradas y salidas (inputs y outputs) intenta combinar todas estas medidas siguiendo el criterio de eficiencia de Pareto. Ahora bien, hay autores como Bessent y Bessent<sup>56</sup>, Charnes, Cooper y Rhodes<sup>57</sup>, Lewin y Morey<sup>58</sup>; Lewin, Morey y Cook<sup>59</sup> y Nunamaker<sup>60</sup>; que han preferido hacer énfasis en las

---

<sup>52</sup> CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager; SEIFORD, Lawrence M. y STUTZ J. A multiplicative model for efficiency analysis. En: Socio-Economic Planning Sciences. Vol. 16, No. 5 (1982); p. 223-224.

<sup>53</sup> CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager; SEIFORD, Lawrence M. y STUTZ, J. Invariant multiplicative efficiency and piecewise Cobb-Douglas envelopments. En: Operations Research Letters. Vol. 2, No. 3 (1983); p. 101-103.

<sup>54</sup> CHARNES, A.; COOPER, W.W.; GOLANY, B.; SEIFORD, L.M. y STUTZ, J. Foundations of data envelopment analysis and Pareto-Koopmans empirical production functions. En: Journal of Econometrics. Vol. 30, (1985); p. 91-107.

<sup>55</sup> NUNAMAKER, Thomas R. Using data envelopment analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: A critical evaluation. En: Managerial and Decision Economics. Vol. 6, No. 1 (mar, 1985), p. 51.

<sup>56</sup> BESSENT, Authella M. y BESSENT, Edgar Wailand. Determining the comparative efficiency of schools through data envelopment analysis. En: Educational Administration Quarterly. Vol. 16, No. 2 (1980); p. 57.

<sup>57</sup> CHARNES, A.; COOPER, W.W. y RHODES, E.L. Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. En: Management Science. Vol. 27, (1981); p. 669.

<sup>58</sup> LEWIN, Arie Y. y MOREY, Richard C. Measuring the output potential of public sector organizations: An application of data envelopment analysis. En: International Journal of Policy Analysis and Information Systems. Vol. 5, No. 4 (1981), p. 269.

<sup>59</sup> LEWIN, Arie Y.; MOREY, Richard C. y COOK, Thomas J. Evaluating the administrative efficiency of courts. En: Omega, International Journal of Management Science. Vol. 10, No. 4 (1982), p. 403.

<sup>60</sup> NUNAMAKER, Thomas R. Measuring routine nursing service efficiency: A comparison of cost per patient day and data envelopment analysis models. En: Health Services Research. Vol. 18, No. 2 (1983), p. 186.

aplicaciones que en organizaciones no lucrativas ha tenido lo que ellos definen como técnica: el DEA, y en todos los beneficios reportados en las esferas directivas. Complementando los desarrollos realizado hasta ese momento en los sectores no lucrativos e incursionando en los lucrativos, está la definición aportada por Land Lovell y Thore<sup>61</sup>: técnica para estimar la eficiencia de las decisiones productivas hechas tanto en la empresa privada como en el sector no lucrativo. Charnes et al<sup>62</sup> lo definen como un procedimiento alternativo para la extracción de información sobre un conjunto de observaciones, es decir es una herramienta analítica para determinar actuaciones eficientes e ineficientes, en particular cuando se encuentran involucradas múltiples medidas de rendimiento y variables discretas y exógenas. Siendo consecuente con el desarrollo científico de DEA Murphy, Pearson y Siferd<sup>63</sup>, lo presenta como un modelo de programación lineal desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978 que mide la eficiencia relativa y productiva de cada miembro del conjunto de unidades de producción comparables. Para Ward y Storbeck<sup>64</sup> DEA representa a las unidades de decisión (DMU's<sup>65</sup>) cuyas prácticas o actuaciones son las mejores, tanto como a aquellas unidades cuyas actuaciones no son tan buenas. Continuando con el punto de vista de las DMU's Arcelus y Coleman<sup>66</sup> dicen que para DEA se considera que una DMU es eficiente si no es posible aumentar (disminuir) en el valor de una salida (entrada) sin aumentar el uso de al menos otra entrada o la disminución de la generación de al menos otra salida. Ahora bien, teniendo en cuenta que existe más de un camino a la hora de asignar las entradas para obtener óptimas salidas Smith, Kleinbeck, Fernengel y Mayer<sup>67</sup> estiman que DEA es un proceso que facilita los estudios en este ámbito. En términos algo más matemáticos Ali y Lerme<sup>68</sup> explicitan que proporciona evaluaciones de eficiencia para cada una de las  $n$  unidades de decisión respecto a sus  $m$  entradas (inputs) y  $s$  salidas (outputs). Adicionalmente Cooper, Huang, Lelas, Li y

---

<sup>61</sup> LAND, Kenneth C.; LOVELL, C. A. Knox y THORE, Sten A. Chance-constrained Data Envelopment Analysis. En: Managerial and Decision Economics. Vol. 14, No. 6 (1993), p. 544.

<sup>62</sup> CHARNES, Abraham; COOPER William Wager; LEWIN, Arie Y. y SEIFORD Lawrence M. Data Envelopment Analysis: Theory, methodology and applications. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994, p. 4-7.

<sup>63</sup> MURPHY, DJ; PEARSON, JN y SIFERD, SP. Evaluating performance of the purchasing department using Data Envelopment Analysis. En: Journal of Business Logistics. Vol. 17, No. 2 (1996), p. 78.

<sup>64</sup> WARD, Peter T.; STORBECK, James E.; MANGUM, Stephen L. y BYRNES, Patricia E. An analysis of staffing efficiency in U.S. manufacturing: 1983 and 1989. En: Annals of Operations Research. Vol. 73, (1997), p.70.

<sup>65</sup> Por sus siglas en inglés: Decisión Making Units.

<sup>66</sup> ARCELUS, F.J. y COLEMANS, D.F. An efficiency review of university departments. En: International Journal of Systems Science. Vol: 28, (1977), p. 722.

<sup>67</sup> SMITH, Carol E.; KLEINBECK, Susan V. M.; FERNENGEL, Karen y MAYER, Linda S. Efficiency of families managing home health care. En: Annals of Operations Research. Vol: 73, (1997), p. 160.

<sup>68</sup> ALI, Agha Iqbal y LERME, Catherine Sylvie. Comparative advantage and disadvantage in DEA. En: Annals of Operations Research. Vol. 73, (1997), p. 219.

Olesen<sup>69</sup> complementan este concepto diciendo que estas evaluaciones corresponden a aproximaciones no paramétricas que pueden ser utilizadas para estimar las fronteras de producción y evaluar la eficiencia relativa de las unidades de decisión o DMU's multi input y multi output. Arcelus y Arozena<sup>70</sup> prefieren definir DEA como aquel modelo que construye una frontera con las mejores prácticas observadas tomando en cuenta las entradas y las salidas. Hao, Wei y Yan<sup>71</sup> dejan claro que las DMU's ejecutan alguna función similar. Para Jacobs<sup>72</sup> es un método de programación lineal, que examina las relaciones entre los inputs y los outputs utilizados en un proceso de producción. Según Thanassoulis<sup>73</sup> la metodología DEA ha abierto la posibilidad de abordar la medición del desempeño de una manera mucho más amplia que lo sugerido por el concepto inicial de la medición de la eficiencia. En años más recientes Nathanson, Higgins, Giglio, Munshi y Steingrub<sup>74</sup> lo definen como una aproximación no paramétrica de programación matemática, que depende de la programación lineal para determinar la eficiencia relativa de un grupo de unidades de decisión, también llamadas unidades organizacionales o DMU. Mientras que Rodríguez<sup>75</sup> escribe que es una novedosa herramienta que permite comparar la gestión relativa de un grupo de unidades de producción de bienes y/o servicios que utilizan el mismo tipo de recursos (insumos) para producir lo que se puede considerar como un mismo grupo de productos (salidas). Para Díez<sup>76</sup> es una técnica de medida de la eficiencia basada en la programación lineal.

---

<sup>69</sup> COOPER, William Wager; HUANG, Zhimin M.; LELAS, Vedran; LI, Susan X. y OLESEN, Ole Bent. Chance constrained programming formulations for stochastic characterizations of efficiency and dominance in DEA. En: The Journal of Productivity Analysis. Vol. 9, No. 1 (1998), p. 61.

<sup>70</sup> ARCELUS, F.J. y AROZENA, P. Convergence and productive efficiency in fourteen OECD countries: a non-parametric frontier approach. En: International Journal of Production Economics. Vol 66, No. 2 (2000), p. 109.

<sup>71</sup> HAO, Gang; WEI, Quan Ling y YAN, Hong. A game theoretical model of DEA efficiency. En: Journal of the Operational Research Society. Vol. 51, No. 11 (2000), p. 1321.

<sup>72</sup> JACOBS, Rowena. Alternative methods to examine hospital efficiency: Data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. En: Health Care Management Science. Vol. 4, No. 2 (2001), p. 110.

<sup>73</sup> THANASSOULIS, E. Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis A foundation text with integrated software. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers; 2001, p. 12.

<sup>74</sup> NATHANSON, B.H.; HIGGINS, T.L.; GIGLIO, R.J.; MUNSHI, I.A. y STEINGRUB, J.S. An Exploratory Study Using Data Envelopment Analysis to Assess Neurotrauma Patients in the Intensive Care Unit. En: Health Care Management Science. Vol. 6, No. 1 (2003), p. 45.

<sup>75</sup> RODRÍGUEZ, Gloria Isabel. Medición de la eficiencia relativa en tres subsectores de la economía colombiana desde 1993 a 1999 utilizando Data Envelopment Analysis (D.E.A.). En: Innovar Revista de Ciencias Administrativas y Sociales. No. 21 (2003), p. 147.

<sup>76</sup> DÍEZ MARTÍN, Francisco de Asís. Análisis de Eficiencia de los Departamentos Universitarios: El Caso de la Universidad de Sevilla. Madrid: librería-editorial Dykinson, 2007, p 19.

**Características del DEA** Se puede establecer que el objetivo fundamental del DEA es el de medir la eficiencia y la productividad de un conjunto de unidades que toman decisiones, mediante indicadores; estos indicadores se pueden establecer tanto para las unidades que resulten eficientes (100%), como para las ineficientes (< 100%) y son extraídos mediante el estudio referencial del conjunto compuesto por las unidades involucradas en el estudio mediante sucesivas comparaciones, por esto último se dice que el indicador es relativo (no absoluto). En este sentido Rodríguez<sup>77</sup> expresa que el objetivo de DEA es llegar a establecer, dentro de un conjunto de DMU's cuales de ellas conforman el conjunto de eficientes (gráficamente se ubican en la superficie envolvente) y cuales son aquellas que necesitan mejorar su desempeño (aquellas que no hacen parte de la frontera). Esto implica que a nivel gerencial los beneficios de utilizar esta herramienta se puede observar en:

- El establecimiento de un único indicador para cada unidad bajo estudio, contando con una plataforma de estudio multi-inputs y multi-outputs.
- La identificación de las unidades ineficientes no solo en la determinación de esta calidad, sino adicionalmente en el valor de esa ineficiencia (en términos porcentuales).
- La reasignación de recursos teniendo como base los resultados de los indicadores de eficiencia.
- El establecer objetivos de eficiencia claros, concretos y medibles para cada unidad bajo estudio.
- El conocimiento del comportamiento histórico de los indicadores de cada unidad.
- El mejorar el proceso de toma de decisiones, puesto que se tiene una mejor información respecto al comportamiento de cada unidad.
- El llegar a determinar en qué cantidad podría reducirse el consumo de recursos sin que suponga una disminución en los niveles de producción.
- El llegar a establecer en cuanto podría aumentar la producción de cada ítem sin necesidad de incurrir en mayores consumos de recursos.

Teniendo en cuenta estos beneficios es necesario realizar una comparación entre DEA y el método de regresión, método utilizado prioritariamente para el análisis de las unidades eficientes en su momento. Para Arcelus, Sharma y Srinivasan<sup>78</sup> hay varias razones para seleccionar una técnica no-paramétrica como DEA en contraposición de una paramétrica como el método de regresión; puesto que en la segunda se evalúan las desviaciones desde el

---

<sup>77</sup> RODRÍGUEZ, Gloria Isabel. Medición de la eficiencia relativa en dos subsectores de la economía colombiana desde 1993 a 2002 utilizando Data Envelopment Analysis (DEA). En: Innovar Revista de Ciencias Administrativas y Sociales. No. 22 (2003), p. 122.

<sup>78</sup> ARCELUS, F.J.; SHARMA, B. y SRINIVASAN, G. Foreign capital flows and the efficiency of the HDI dimensions. En: Global Economy Journal. Vol 5, No. 2 (2005), p.3.

promedio del rendimiento mientras que DEA se refiere a las desviaciones de lo superior representadas por la frontera de producción. De la Figura 2. se puede deducir que el estudio mediante regresión aporta resultados tales como que las unidades ubicadas a la izquierda de la línea óptima generada por este método (roja) tendrían que desmejorar su comportamiento para lograr ubicarse en la línea eficiente; situación que para nada es lógica puesto que no es plausible indicarle a una empresa que para lograr ser catalogada como eficiente debe desmejorar. Mientras que si se analiza la superficie envolvente, intuitivamente es lógico el resultado, ya que todas las unidades no eficientes están ubicadas por debajo de esta envolvente, es decir deben mejorar sus actuaciones (aumentar sus salidas, disminuir los recursos utilizados o una combinación de ambos). Mientras que para las unidades eficientes es muy clara la razón por la cual reciben este nombre: porque forman parte de la frontera eficiente y esto quiere decir que dentro del grupo estudiado ellas son quienes tienen el mejor desempeño y las unidades no eficientes deben entonces tratar de igualarlas y si es el caso aún sobrepasar este comportamiento.

Se ha hecho referencia a las unidades de decisión o DMU's (Decisión Making Units), esta terminología fue presentada por Charnes, Cooper y Rhodes desde 1978 evitando expresamente el utilizar palabras como empresa(s) y firma(s), no obstante esta circunstancia realmente cada vez que se utiliza esta denominación se está haciendo referencia a todo tipo de organización, empresa o unidad organizacional en la cual a su interior se tomen decisiones; a modo de ejemplo Murphy, Pearson, Siferd<sup>79</sup> hacen referencia explícita a departamentos de compras. Para Cooper, Li, Seiford, Tone, Thrall y Zhu<sup>80</sup> son aquellas entidades (colegios, bancos, hospitales, empresas, etc.) que se consideran responsables de convertir las entradas en salidas. Para Díez<sup>81</sup> son unidades o entidades que se ven implicadas en procesos, los cuales comprenden una transformación de entradas en salidas, esto equivale a declarar que una DMU es eficiente si y solo si no está dominada por otra DMU (o combinación de DMU's) con la que pueda ser comparada.

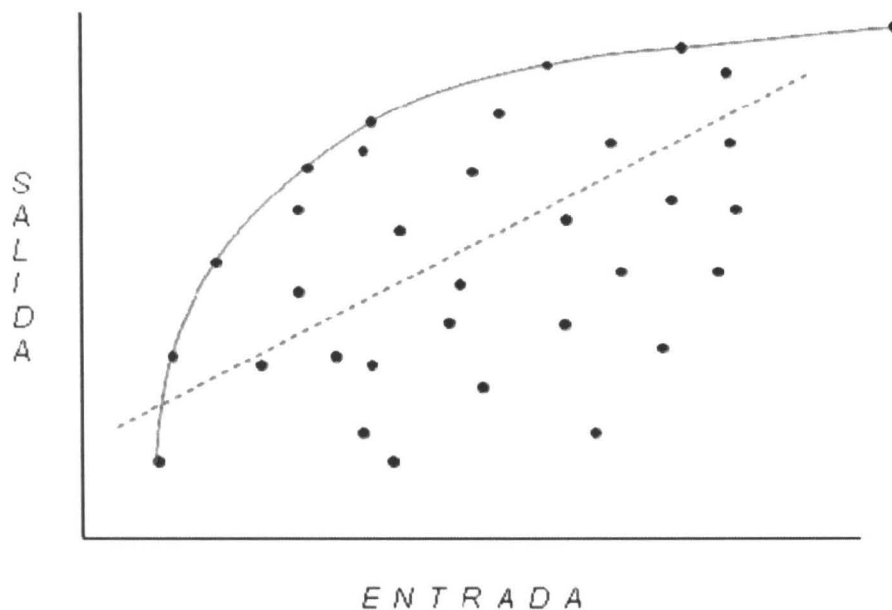
---

<sup>79</sup> MURPHY, DJ; PEARSON, JN y SIFERD, SP. Evaluating performance of the purchasing department using Data Envelopment Analysis. En: Journal of Business Logistics. Vol. 17, No. 2 (1996), p. 80.

<sup>80</sup> COOPER, W.W.; LI, S.; SEIFORD, L.M.; TONE, K.; THRALL, R.M. y ZHU, J. Sensitivity and stability analysis in DEA: some recent developments. En: Journal of Productivity Analysis. Vol. 15, (2001), p. 221.

<sup>81</sup> DÍEZ MARTÍN, Francisco de Asís. Análisis de Eficiencia de los Departamentos Universitarios: El Caso de la Universidad de Sevilla. Madrid: librería-editorial Dykinson, 2007, p. 23.

Figura 2. Comparación entre DEA y regresión



Como funciona DEA Ya se ha establecido que el análisis envolvente de datos es un modelo de programación lineal, que establece una medida de la eficiencia relativa de un conjunto de unidades que toman decisiones (DMU's), determinando el grado de desempeño de dichas unidades en referencia al proceso de transformación de entradas en salidas.

Según Cooper, Seiford y Tone<sup>82</sup> esto se deriva de la medida universal de eficiencia y productividad:

$$\text{Salida} / \text{Entrada}$$

La cual inmediatamente la relacionan con la medida usual de productividad, que se da cuando se evalúa específicamente el desempeño de los empleados en el trabajo; lógicamente esta relación es directa.

<sup>82</sup> COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M. y TONE K. Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000, p.1.

En términos matemáticos, consiste en la resolución del fraccional:

$$\max h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}$$

$$\text{SUJETO A: } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1$$

Para todo:  $v_i > 0$ ;  $j = 1, \dots, n$  (número de DMU's)  $r = 1, \dots, s$   $i = 1, \dots, m$

Mediante la resolución de este sistema, DEA genera un índice de productividad compuesto por la agregación de todos los factores (unidad de salida producida por unidad de recurso empleado) para cada DMU; entonces mediante la comparación se establecen las diferencias existentes entre las DMU's, estableciendo un ratio comparativo de salidas y entradas para cada unidad, ratio que arroja los resultados de eficiencia y productividad establecidos.

Prosiguiendo con la acepción matemática, es necesario aclarar que DEA realiza una generalización de la regresión; de tal manera que en lugar de calcular una única ecuación optimizada para todas las unidades, desarrolla  $n$  programas lineales optimizados. Esto quiere decir que DEA no toma en cuenta las medidas de tendencias centrales y toma caminos diferentes a los de la estadística tradicional: es evidente entonces que es no



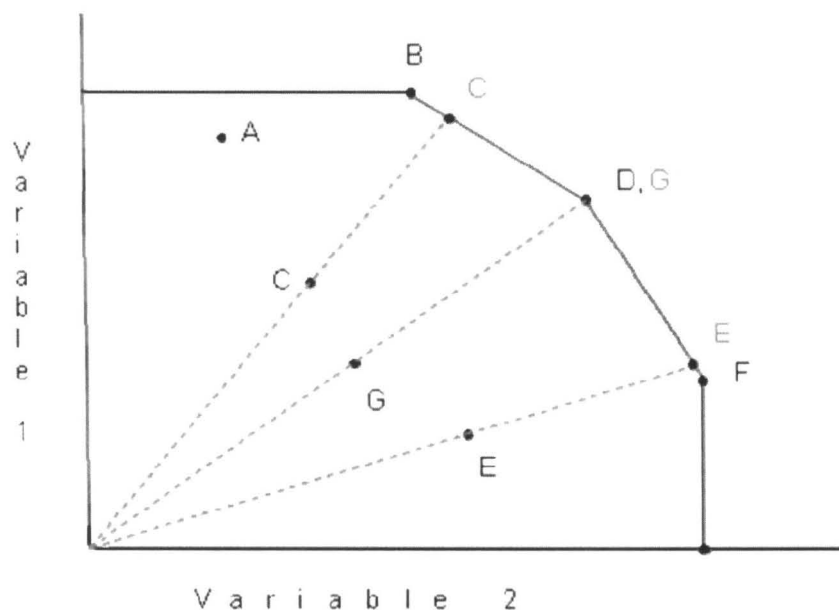
paramétrica. Para ser más específicos Nathanson et al<sup>83</sup> se refieren al DEA como aquella técnica que identifica el mejor desempeño entre las DMU's, mide la eficiencia relativa de cada una de ellas usando múltiples entradas y salidas sin contar con información a priori, referente a la importancia relativa de cada entrada y salida, para determinar el resultado de la eficiencia. En términos generales se considera que el modelo en su totalidad tiene un funcionamiento muy intuitivo: el conjunto de DMU's es un conjunto homogéneo (no tendría sentido el comparar un colegio con una entidad prestadora de servicios de salud o con una entidad financiera), adicionalmente todas las unidades que pertenezcan al conjunto deben tener entradas y salidas observables y posibles de ser cuantificadas. DEA recoge en un solo índice el conjunto de salidas de las unidades y ya es aceptado que se le denomine índice de output virtual (numerador de la ecuación de maximización en el sistema mostrado anteriormente). Adicionalmente y de forma paralela y similar trabaja con las entradas creando un índice de entradas virtual (denominador de la ecuación de maximización). Luego combina en un solo ratio el conjunto de factores empleados en el proceso productivo mediante un sistema de ponderaciones (dependiendo del modelo utilizado, son ponderaciones iguales o diferentes previamente determinadas si es el caso) y genera un ratio para cada unidad. Este último ratio muestra el nivel de eficiencia y asume valores entre 0 y 1, de tal manera que el nivel 1 (100%) significa que esta o estas unidades son eficientes respecto al conjunto estudiado; los restantes índices tomarán valores entre 0 (0%) y valores menores de 1 (por ejemplo 0.22 (22%), 0.5 (50%), 0.89 (89%), etc.), lo cual significa que las unidades que ostenten éstos índices deberán ser consideradas ineficientes. Pero adicionalmente a establecer que estas últimas unidades son ineficientes, se puede llegar a detallar que la unidad que ostenta un 30% (0.3) es más ineficiente que la que obtenga un 80% (0.8). Recordando que DEA es una técnica de frontera eficiente, es importante entonces remitirse a la Figura 3. en la cual se muestran 7 unidades, de las cuales 3(B,D,F) forman la frontera eficiente, evidenciando adicionalmente que esta frontera envuelve a las unidades que no hacen parte de la frontera y que por tal motivo son catalogadas como ineficientes (A,C,G,E).

En la cual además se evidencia que cada unidad ineficiente tiene como referente dos unidades eficientes, que gráficamente son las unidades más próximas cuando se traza un rayo proveniente del origen, que pase por la unidad ineficiente y que proyecte a esta sobre la frontera: este es el lugar físico en el que se podría considerar estaría ubicada la unidad ineficiente si fuese eficiente.

---

<sup>83</sup> NATHANSON, B.H.; HIGGINS, T.L.; GIGLIO, R.J.; MUNSHI, I.A. y STEINGRUB, J.S. An Exploratory Study Using Data Envelopment Analysis to Assess Neurotrauma Patients in the Intensive Care Unit. *En: Health Care Management Science*. Vol. 6, No. 1 (2003); p. 46.

Figura 3. Frontera eficiente con proyección



Para el caso de la unidad C, su proyección C' (sería el lugar ocupado por C si se proyectara como eficiente sobre la frontera) está dentro de las unidades B y D constituyéndose estas dos en sus unidades referentes; adicionalmente teniendo en cuenta que C' está más cerca de B que de D, quiere decir que B tiene una mayor influencia que D para determinar su posición como eficiente. Es similar el caso de la unidad E, con su conjunto referente (D,F) siendo más determinante F puesto que E' está más cercana a ella. En el caso de la unidad G, su proyección cae exactamente en el mismo lugar que ocupa la unidad eficiente D, constituyéndose entonces en el referente único para pretender ser eficiente. Por todo lo anterior se puede establecer que DEA concuerda con que unidades con iguales niveles de recursos sean capaces de producir iguales salidas; de tal manera que para llegar a la máxima eficiencia, aquellas unidades ineficientes se deberían comportar como unidades eficientes contando con similares niveles de factores. A nivel gerencial se sabe que los recursos siempre serán escasos por lo que siempre será necesario estar en busca de utilizarlos de la mejor manera, de tal forma que bajo este panorama hay dos caminos a seguir uno es el de aumentar las salidas pero manteniendo el mismo nivel de recursos utilizados, o el otro camino que es el de mantener el nivel de las salidas pero procurando disminuir la utilización de los recursos; siendo conscientes de esta situación Charnes Cooper y Rhodes<sup>84</sup> clasificaron las DMU's en dos categorías: aquellas con orientación al

<sup>84</sup> CHARNES, A.; COOPER, W.W. y RHODES, E.L. Evaluating program and managerial efficiency: an application of Data Envelopment Analysis to program follow through. *En: Management Science*. Vol. 27, (1981), p. 678.

output y otras con orientación al input. En la primera categoría están aquellas unidades de decisión en las que es imposible aumentar los niveles de producción sin que exista incremento en las entradas (orientadas al output) y en la segunda categoría están aquellas para las cuales no es posible disminuir las entradas sin que se experimente una variación negativa en el nivel de las salidas. De tal manera que DEA permite manejar estas dos circunstancias mediante la escogencia entre modelos con orientación hacia las entradas o modelos con orientación a las salidas; cual se escoja siempre dependerá de lo que busque el investigador que está generando los modelos basado en el hecho que los modelos siempre deben ser lo más apegados posible a la realidad. Adicionalmente se pueden adelantar estudios mediante los cuales se puede llegar a establecer si la eficiencia de una determinada unidad se puede deber a uno solo de los factores estudiados y por tal motivo ignorar los restantes.

**Modelos básicos de DEA** Como ya se mencionó anteriormente el primer modelo en salir a la luz pública fue CCR (Charnes, Cooper y Rhodes<sup>85</sup>) en 1978 y posteriormente BCC (Banker, Charnes y Cooper<sup>86</sup>) en 1984, a partir de este momento hay muchas apariciones de desarrollo de diversos modelos abordando diferentes temáticas y propuestas de solución a diversas problemáticas establecidas por el mismo desarrollo del análisis envolvente de datos. Sin embargo se sigue considerando que estos dos modelos que aparecieron inicialmente son los básicos de DEA.

**Modelo CCR** Más conocido en la actualidad como Modelo CRS o Modelo Constant Returns to Scale por las iniciales extraídas de este vocablo en inglés; y en español Modelo Retornos Constantes a Escala.

Farrell en su trabajo inicial de 1957 escribió:

El problema de medir la eficiencia productiva de una industria es importante tanto para la teoría económica como para quien hace la política económica. Si los argumentos teóricos acerca de la eficiencia relativa de diferentes sistemas económicos están siendo sujetos a la comprobación empírica, es esencial ser capaz de hacer algunas medidas actuales de eficiencia. De igual manera, si la planeación económica tiene que ver en ella misma con industrias particulares, es importante conocer que tan lejos está una industria de poder

---

<sup>85</sup> CHARNES, A.; COOPER, W.W. y RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. En: European Journal of Operation Research. Vol. 2, No. 6, (1978); p. 429-444.

<sup>86</sup> BANKER, R. D.; CHARNES, A., y COOPER, W. Some Models for the Estimation of Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis. En: Management Science. Vol. 30, No. 9 (1984); p.1078-1092.

experimentar un incremento en sus salidas por un simple incremento en su eficiencia, sin absorber recursos adicionales<sup>87</sup>.

Adicionalmente, también es necesario en este momento recordar algunos de las premisas establecidos por Farrell:

- Libre disponibilidad de entradas y salidas (input y outputs): cualquier unidad productiva, que puede ser o no observada, que tenga el mismo nivel de salidas de cualquiera de las unidades observadas pero con más entradas pertenece al conjunto de producción. De igual manera cualquier unidad productiva, que puede ser o no observada, que utiliza las mismas entradas que cualquiera otra observada y que consigue menos salidas pertenece al conjunto de producción.
- Convexidad: cualquier combinación lineal de dos puntos observados que pertenezcan al conjunto de producción, pertenece también al mismo.
- Rendimientos de escala constantes.

Y teniendo en cuenta adicionalmente que DEA es una aproximación no-paramétrica en la cual no es necesario establecer a priori una forma funcional sino unas propiedades formales que satisfacen los puntos del conjunto de producción (por ejemplo convexidad, disponibilidad de entradas y salidas, etc.); entonces, se llega a establecer si cada punto considerado pertenece (eficiente) o no (ineficiente) a la frontera envolvente generada teniendo en cuenta las propiedades enunciadas previamente. Esto se hace dando solución a un sistema de ecuaciones lineales definido para cada problema específico, en el caso en el cual el problema cambie o cambie su formulación la frontera también cambiará y por supuesto la eficiencia de cada unidad, representada mediante puntos, también variará.

Respecto a la formulación matemática: se parte de la consideración de un conjunto compuesto por:

$n$  DMU's denotadas como  $DMU_j$  ( $j=1, \dots, n$ ); las cuales utilizan recursos  $x_{ij}$  ( $i=1, \dots, m$ ) y generando  $s$  outputs  $y_{rj}$  ( $r=1, \dots, s$ ). Si los multiplicadores  $\bar{v}_i, \bar{u}_r$  asociados con  $i$  entradas y  $r$  salidas respectivamente son conocidos, entonces teniendo en cuenta la teoría convencional beneficio/costo; la eficiencia  $\bar{\epsilon}_j$  de  $DMU_j$  se puede expresar como la proporción (ratio) de los pesos de las salidas y los pesos de las entradas, así:

---

<sup>87</sup> Traducción propia de la autora de esta investigación.

$$\sum_r \bar{u}_r y_{rj} / \sum_i \bar{v}_i x_{ij}$$

Esta proporción beneficio/costo es la base para la medida estándar de la productividad. Para Cooper, Seiford y Tone<sup>88</sup> el numerador de esta fracción es el “virtual output” y el denominador el “virtual input”.

En ausencia del conocimiento de los multiplicadores, Charnes et al<sup>89</sup> proponen derivar apropiadamente los multiplicadores para que cada DMU obtenga la solución particular al problema de programación no-lineal. Específicamente si la DMU<sub>0</sub> está bajo estudio, este modelo está dando la solución del problema de programación fraccional para la medida de eficiencia técnica de esa DMU<sub>0</sub>:

$$e_o = \max \quad \sum_r u_r y_{ro} / \sum_i v_i x_{io} \quad (1.1)$$

Sujeto a:

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0, \quad \text{para todo } j$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad \text{para todo } r, i$$

Donde  $\varepsilon$  es un valor no- arquimidian designado estrictamente positivo.

---

<sup>88</sup> COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M. y TONE K. Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000, p.21.

<sup>89</sup> CHARNES, A.; COOPER, W.W. y RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. En: European Journal of Operation Research. Vol. 2, No. 6, (1978), p. 437.

En el documento inicial de 1978 los autores restringieron esta variable simplemente como no negativa ( $\varepsilon = 0$ ), la imposición de ser un valor estrictamente positivo ( $\varepsilon > 0$ ) fue introducida en su siguiente paper Charnes et al<sup>90</sup>.

Aplicando la teoría de programación fraccionaria expresada en Charnes y Cooper<sup>91</sup> y realizando los siguientes cambios de variables:

$$\mu_r = t\mu_r \quad \text{y} \quad v_i = tv_i \quad \text{donde:}$$

$$t = (\sum_i v_i x_{io})^{-1}$$

De tal manera que el problema inicial puede ser transformado en el siguiente modelo de Programación Lineal:

$$\begin{aligned}
 & e_0 = \max \quad \sum_r \mu_r y_{ro} \\
 \text{Sujeto a:} & \quad \sum_i v_i x_{io} = 1 \\
 & \quad \sum_r \mu_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j \\
 & \quad \mu_r, v_i \geq \varepsilon \quad \text{para todo } r, i
 \end{aligned} \tag{1.2}$$

<sup>90</sup> CHARNES, A.; COOPER, W.W. y RHODES, E.L. Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. En: Management Science. Vol. 27, (1981); p. 689.

<sup>91</sup> CHARNES, A. y COOPER, W.W. Programming with linear fractional functional. En: Naval Research Logistics Quarterly. Vol. 9, (1962); p. 67-88.

Por dualidad, el siguiente problema es equivalente al problema de programación lineal:

$$\begin{aligned}
 \text{Sujeto a :} \quad & \min \quad \theta_o - \varepsilon \left( \sum_r s_r^+ + \sum_i s_i^- \right) \\
 & \sum_j \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta_o x_{io}, \quad i = 1, \dots, m \\
 & \sum_j \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s \\
 & \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad \forall i, j, r \\
 & \theta_o \text{ sin restricción.}
 \end{aligned} \tag{1.3}$$

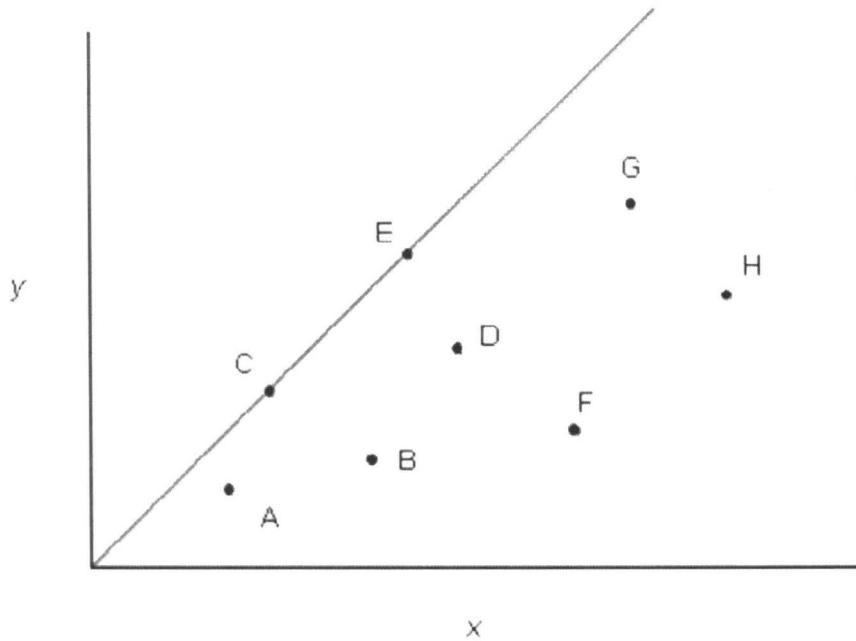
El problema (1.2) se refiere al problema primal y (1.3) al problema dual.

El espacio de restricción de (1.3) define el conjunto posible de producción T así:

$$T = \left\{ (X, Y) \mid X \geq \sum_j \lambda_j X_j, Y \leq \sum_j \lambda_j Y_j, \lambda_j \geq 0 \right\}$$

En la Figura 4. se muestra la frontera generada por la aplicación del Modelo CRS para el caso de una entrada y una salida.

Figura 4. Frontera CRS eficiente



Modelo BCC

También conocido como Modelo VRS (Variable Returns to Scale).

$$e_o^* = \max \left[ \frac{\sum_r u_r y_{ro} - u_o}{\sum_i v_i x_{io}} \right] \quad (1.4)$$

Sujeto a:

$$\sum_r u_r y_{rj} - u_o - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad v_i \geq \varepsilon, \quad \forall i, r$$

$u_o$  no restringida en signo



Con su equivalente en Programación Lineal:

$$e_o^* = \max \sum_r \mu_r y_{ro} - \mu_o$$

Sujeto a:

(1.5)

$$\sum_i v_i x_{io} = 1$$

$$\sum_r \mu_r y_{rj} - \mu_o - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

$$\mu_r \geq \varepsilon, \quad v_i \geq \varepsilon, \quad \forall i, r$$

$\mu_o$  irrestricta

Con su dual:

$$\min \theta_o - \varepsilon \left( \sum_i s_i^- + \sum_r s_r^+ \right)$$

Sujeto a:

(1.6)

$$\sum_j \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta_o x_{io}, \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_j \lambda_j y_{ro} - s_r^+ = y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s.$$

$$\sum_j \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, r, j$$

$\theta_o$  irrestricta

La diferencia entre (1.6) y (1.3) está en que (1.6) tiene una restricción adicional de convexidad  $\lambda_j$  en términos  $\sum_j \lambda_j = 1$ .

En la figura 5. se visualiza el caso de VRS para una entrada y una salida y en la Figura 6. se presentan integradas las fronteras eficientes CRS y VRS para el mismo conjunto de unidades.

La frontera VRS eficiente está conformada por las unidades A,C,E,G e I; mientras que las unidades ineficientes son: B,D,F,H.

Es evidente entonces en la Figura 5. que la primera porción de la frontera (A-C) tiene retornos de escala incrementales, que el segmento C-E (con estos puntos incluidos) tiene retornos a escala constantes (forma parte también de la frontera CRS) y los subsiguientes segmentos (E-G, G-I) ostentan ambos retornos a escala decrecientes; de tal manera que claramente se evidencia que toda unidad CRS-eficiente también es VRS-eficiente, puesto que la solución de (1.6) es tal que  $\theta_o^* = 1$  y todas las holguras  $s_i^{-*}, s_r^{+*}$  son cero. Pero que lo contrario definitivamente no es así, es decir las unidades VRS-eficientes no son necesariamente CRS eficientes.

Figura 5. Frontera VRS eficiente

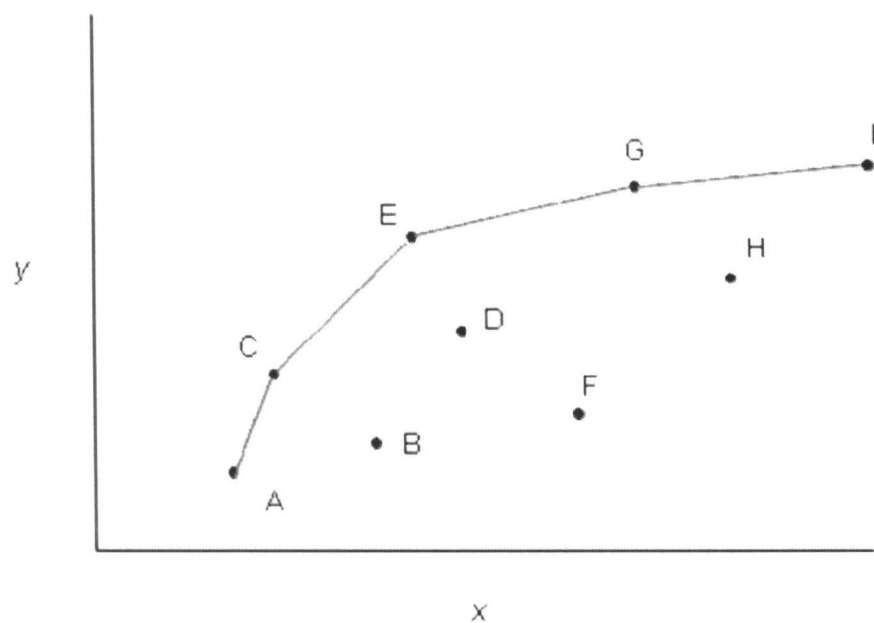
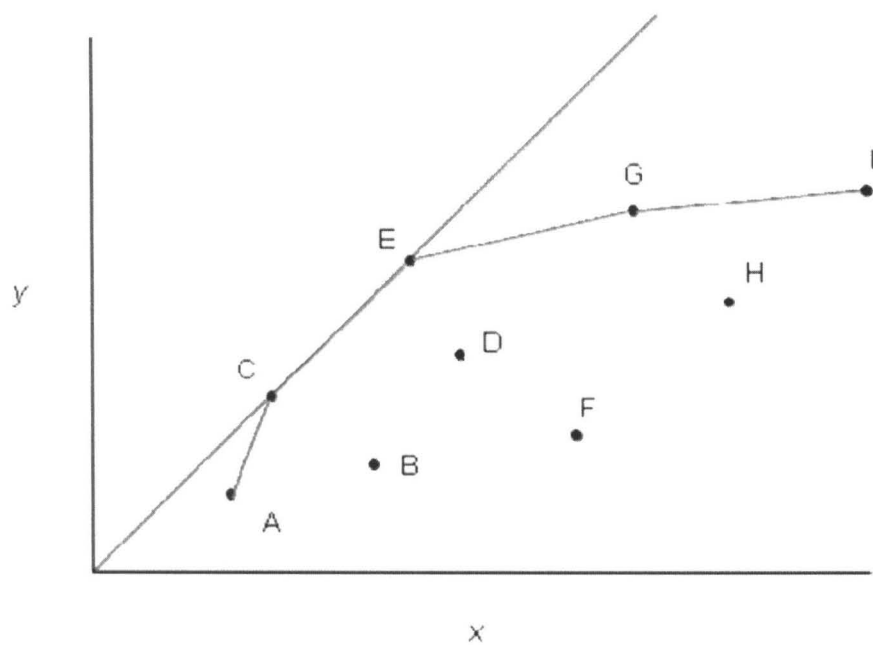


Figura 6. Frontera eficiente CRS y VRS integradas



Modelos con orientación Recordando que se trabaja con  $n$  unidades que toman decisiones (DMU's) que se quieren evaluar y que cada una de ellas consumen variadas cantidades de  $m$  diferentes recursos (inputs) para producir  $s$  diferentes salidas (outputs). Específicamente: DMU <sub>$j$</sub>  consume  $X_j = \{x_{ij}\}$  cantidades de entradas ( $i = 1, \dots, m$ ) y produce  $Y_j = \{y_{rj}\}$  cantidades de salidas ( $r = 1, \dots, s$ ) adicionalmente se asume que  $x_{ij} > 0$  y  $y_{rj} > 0$ . La matriz  $s \times n$  de salidas es denotada como  $Y$ . La matriz  $m \times n$  de entradas es denotada por  $X$ . Para lograr que una DMU ineficiente se convierta en eficiente se debe realizar una proyección sobre la envolvente; dicha proyección será denotada por  $(\vec{X}_0, \vec{Y}_0)$  y dependerá del modelo empleado y más exactamente de la orientación del modelo. Cuando se trabaja con orientación a las entradas se trata de realizar reducción de las entradas para cada unidad hasta lograr ser ubicada en la frontera, sin variación en las salidas; de igual manera cuando se trabaja con orientación a las salidas se trata de aumentar las salidas sin intervenir los valores de las entradas, hasta lograr caer en la frontera.

BCC Orientado a las Entradas

**Primal**

$$\min_{\theta, \lambda, s^+, s^-} \quad Z_0 = \theta - \varepsilon \cdot \bar{1} s^+ - \varepsilon \cdot \bar{1} s^-$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} Y\lambda - s^+ &= Y_0 \\ \theta X_0 - X\lambda - s^- &= 0 \\ \bar{1}\lambda &\geq 1 \\ \lambda, s^+, s^- &\geq 0 \end{aligned}$$

**Dual**

$$\max_{\mu, v} \quad \omega_0 = \mu^T Y_0 + u_0$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} v^T X_0 &= 1 \\ \mu^T Y - v^T X + u_0 \bar{1} &\leq 0 \\ -\mu^T &\leq -\varepsilon \cdot \bar{1} \\ -v^T &\leq -\varepsilon \cdot \bar{1} \\ u_0 &\text{ libre en signo} \end{aligned}$$

$\theta$ : variable proporcional escalar de reducción aplicada a todas las entradas de la DMU<sub>0</sub> para mejorar eficiencia.

$\varepsilon$ : constante infinitesimal no-arquimidia, permite la minimización sobre  $\theta$ .

$s^+, s^-$ : variables de holgura

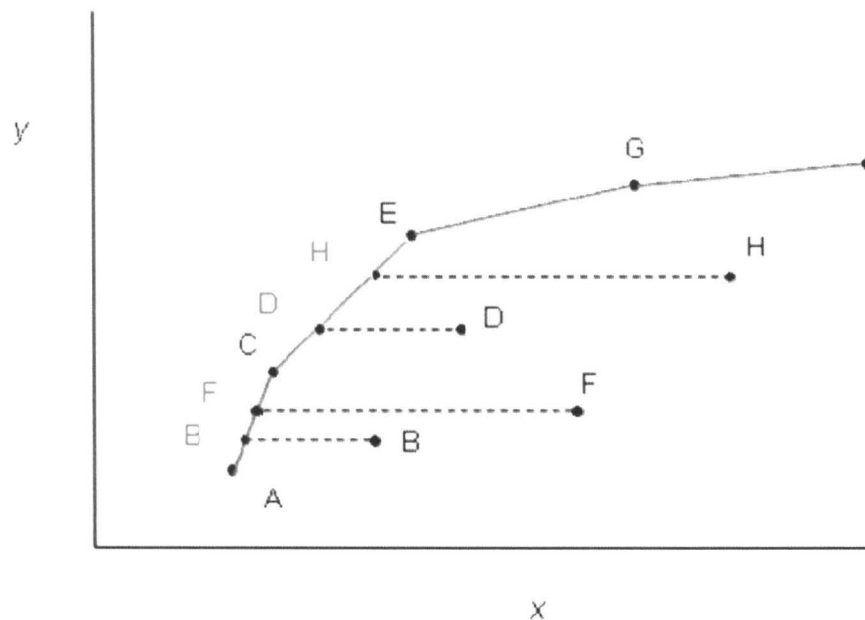
$\bar{1}$ : vector de unos

Entonces, la optimización puede ser computada mediante un proceso de dos estadios con una reducción máxima de las entradas, a través de optimizar  $\theta^*$ , entonces en el segundo estadio se logra a través de las variables de holgura  $s^+$ ,  $s^-$ . De tal manera que las dos siguientes declaraciones son equivalentes:

1. Una DMU es eficiente si y solo si las dos siguientes condiciones se satisfacen:
  - a)  $\theta^* = 1$ ; b) todas las holguras son cero.
2. Una DMU es eficiente si y solo si  $\omega_0^* = Z_0^* = 1$

En la Figura 7. se muestra el desplazamiento proyectado de las DMU's ineficientes para lograr estar sobre la frontera.

Figura 7. Modelo BCC orientado a las entradas



BCC Orientado a las Salidas

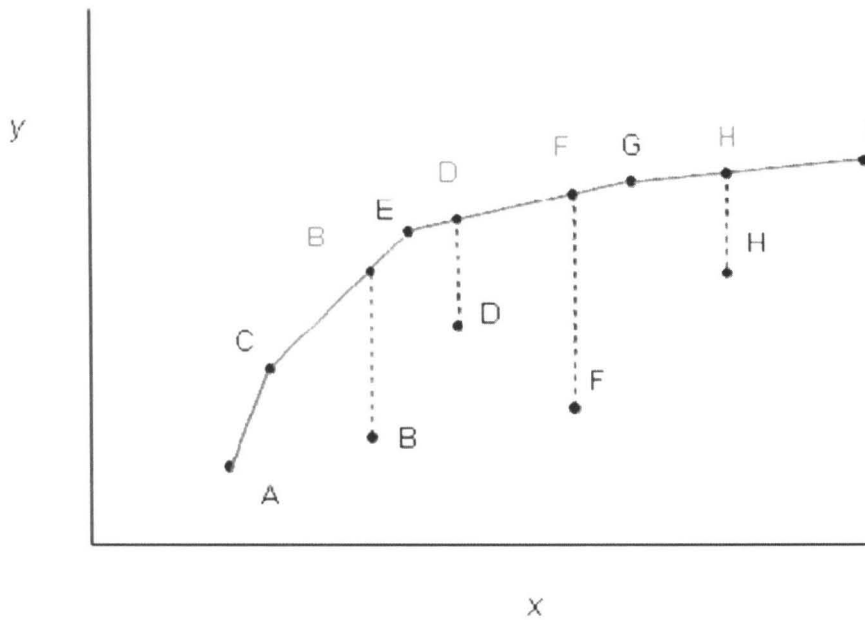
$$\begin{array}{ll}
 \text{Primal} & \max_{\varphi, \lambda, s^+, s^-} \quad Z_0 = \varphi - \varepsilon \cdot \bar{\mathbf{1}} s^+ - \varepsilon \cdot \bar{\mathbf{1}} s^- \\
 & \text{Sujeto a} \quad \varphi \mathbf{Y}_0 - \mathbf{Y} \lambda + s^+ = \mathbf{0} \\
 & \quad \quad \quad \mathbf{X} \lambda - s^- = \mathbf{X}_0 \\
 & \quad \quad \quad \bar{\mathbf{1}} \lambda = 1 \\
 & \quad \quad \quad \lambda, s^+, s^- \geq 0
 \end{array}$$

Dual

$$\begin{array}{ll}
 \min_{\mu, v, v_0} & q_0 = v^T \mathbf{X}_0 + v_0 \\
 \text{Sujeto a:} & \mu^T \mathbf{Y}_0 = 1 \\
 & -\mu^T \mathbf{Y} + v^T \mathbf{X} + v_0 \bar{\mathbf{1}} \geq \mathbf{0} \\
 & \mu^T \geq \varepsilon \cdot \bar{\mathbf{1}} \\
 & v^T \geq \varepsilon \cdot \bar{\mathbf{1}} \\
 & v_0 \text{ libre en signo}
 \end{array}$$

En la Figura 8. se muestra como se optimizan (maximizan) las salidas sin afectar las entradas.

Figura 8. Modelo BCC orientado a las salidas



CCR Orientado a las Entradas

**Primal**

$$\min_{\theta, \lambda, s^+, s^-}$$

$$Z_0 = \theta - \varepsilon \cdot \bar{1} s^+ - \varepsilon \cdot \bar{1} s^-$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} Y\lambda - s^+ &= Y_0 \\ \theta X_0 - X\lambda - s^- &= 0 \\ \lambda, s^+, s^- &\geq 0 \end{aligned}$$

**Dual**

$$\max_{\mu, v}$$

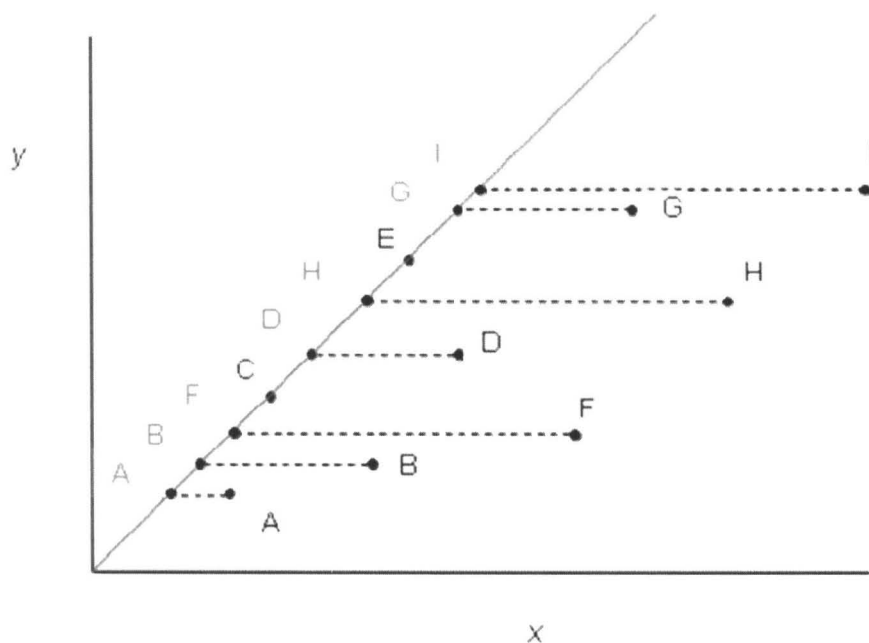
$$\omega_0 = \mu^T Y_0$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} v^T X_0 &= 1 \\ \mu^T Y - v^T X &\leq 0 \\ -\mu^T &\leq -\varepsilon \cdot \bar{1} \\ -v^T &\leq -\varepsilon \cdot \bar{1} \end{aligned}$$

En la Figura 9. se muestra el desplazamiento proyectado de las DMU's ineficientes para lograr estar sobre la frontera, cuando se minimizan las entradas sin tocar las salidas.

Figura 9. Modelo CCR orientado a las entradas



CCR Orientado a las Salidas

**Primal**

$$\max_{\varphi, \lambda, s^+, s^-}$$

$$Z_0 = \varphi + \varepsilon \cdot \bar{1} s^+ + \varepsilon \cdot \bar{1} s^-$$

Sujeto a

$$\begin{aligned} \varphi Y_0 - Y\lambda + s^+ &= \mathbf{0} \\ X\lambda + s^- &= X_0 \end{aligned}$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$



$$\begin{array}{ll}
 \text{Dual} & \min \\
 & \mu, v \\
 & \text{Sujeto a:} \\
 & q_0 = v^T X_0 \\
 & \mu^T Y_0 = 1 \\
 & -\mu^T Y + v^T X \geq 0 \\
 & \mu^T \geq \varepsilon \cdot \bar{1} \\
 & v^T \geq \varepsilon \cdot \bar{1}
 \end{array}$$

En la Figura 10. se muestra como se optimizan (maximizan) las salidas sin afectar las entradas.

Aspectos Positivos y Negativos del DEA Para Pedraja y Salinas<sup>92</sup> es  
importante destacar como aspectos positivos del DEA la adaptación a las actividades realizadas por las instituciones públicas y a una buena parte de las actividades adelantadas por instituciones privadas, al carácter multi-output de estas actividades y en términos generales a la situación de la ausencia de posibilidad de determinar los precios en el sector público. Arcelus y Arozena<sup>93</sup> consideran que la principal ventaja de usar DEA sobre los modelos tradicionales de función de producción radica en que la modelización de la relación entre entradas y salidas no requiere una asignación predeterminada de pesos, basado en un único índice de la optimización de la media del rendimiento.

Adicionalmente es importante hacer referencia nuevamente a la información que se puede obtener respecto a las unidades, tanto de las eficientes como de las ineficientes: índices para cada una de las unidades sin importar el que sean eficientes o no; ponderaciones de cada una de las entradas y salidas y sus respectivos virtuales, bajo los cuales DEA logró establecer su mejor comportamiento; Grupo de referencia de unidades eficientes, para cada unidad no eficiente (por lo menos dos): es decir las unidades eficientes más cercanas a la no eficiente, para a partir de esta información lograr generar estrategias aplicables para cada unidad ineficiente en cuanto a mejorar en su desempeño; Objetivos de consumo y producción para cada una de las unidades ineficientes, para Díez<sup>94</sup> estos objetivos fijados

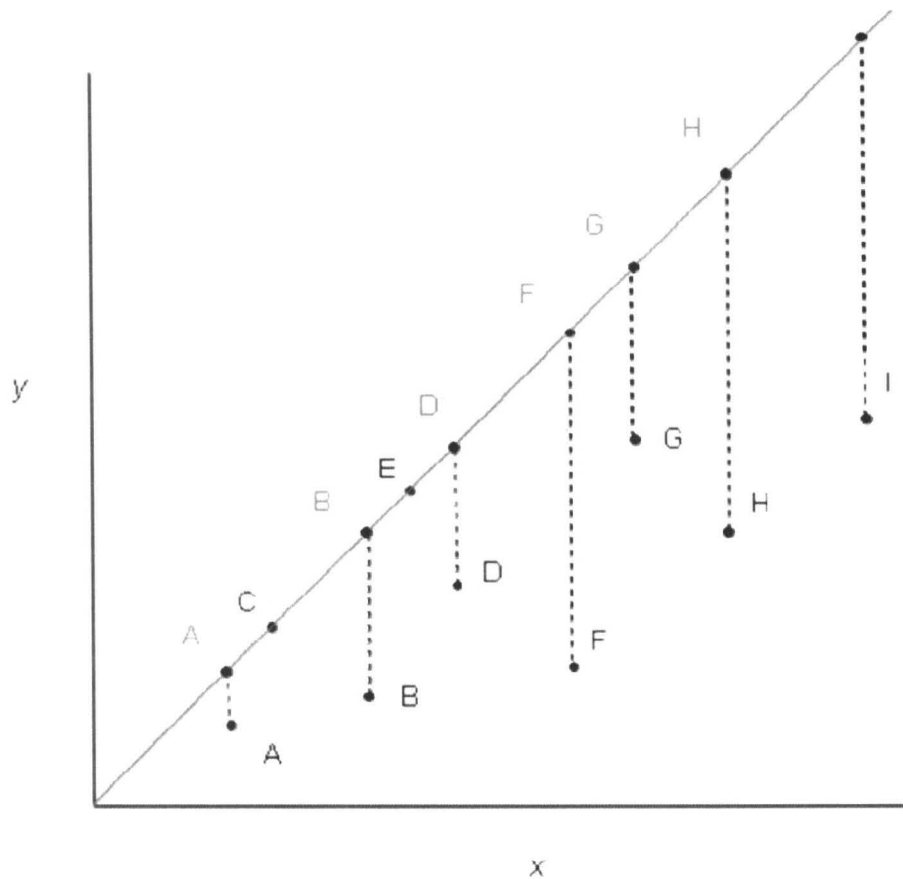
<sup>92</sup> PEDRAJA CHAPARRO, Francisco M. y SALINAS JIMÉNEZ, Javier. La eficiencia en la Administración de Justicia. En: Revista de economía aplicada ISSN 1133-455X. Vol. 3, No. 8 (1995), p. 191.

<sup>93</sup> ARCELUS, F.J. y AROZENA, P. Productivity differences across OECD countries in the presence of environmental constraints. En: Journal of the Operational Research Society. Vol 56, No. 12 (2005), p. 1353.

<sup>94</sup> DÍEZ MARTÍN, Francisco de Asís. Análisis de Eficiencia de los Departamentos Universitarios: El Caso de la Universidad de Sevilla. Madrid: librería-editorial Dykinson, 2007, p. 27.

son los niveles de factores utilizados por la unidad hipotética con la que se compara la unidad analizada, el índice de eficiencia es la proporción en la que todas las entradas podrían reducirse mientras se mantienen las salidas constantes si la unidad actuara tan bien como lo hace la unidad hipotética.

Figura 10. Modelo CCR orientado a las salidas



Todavía podría haber algunas entradas en las que cabría incluso una mejor actuación, en tal caso esas entradas tendrían asociada una variable de holgura positiva indicando la medida en la cual una entrada específica podría ser reducida por encima de lo que indica el índice de eficiencia, por supuesto alguna de las variables de holgura de las entradas debe ser cero o de lo contrario la eficiencia sería incluso menor; el razonamiento para las salidas sería análogo, por lo tanto la eficiencia exige no sólo un valor igual a la unidad sino también que las variables de holgura sean cero. Otra de las fortalezas está en la flexibilidad para manejar las variables propias del modelo, puesto que no se requiere de unos parámetros únicos

previamente establecidos a los cuales irremediablemente debe ajustarse la función de producción. El establecer indicadores de eficiencia para las unidades ineficientes, también se convierte en una fortaleza a destacar, por último es pertinente expresar que el hecho de que DEA optimice consecutivamente las funciones en busca de las mejores ponderaciones de cada unidad le aporta una gran fortaleza. Respecto a los aspectos negativos; algunos autores atribuyen a la falta de homogeneidad del conjunto de unidades analizadas el origen de algunos problemas del análisis envolvente de datos, adicionalmente porque que se trata de corregir esta situación mediante algunas circunstancias para que la evaluación se realice en una atmósfera de uniformidad que realmente es difícil conseguir ya que las unidades susceptibles de ser estudiadas realmente no ostentan la característica de homogeneidad; pero realmente este no es un aspecto negativo atribuible cien por ciento al modelo como tal sino prioritariamente a quien adelanta el estudio y escoge las unidades que componen el grupo de estudio y quien se debe preocupar por que estas unidades cumplan con todas y cada una de las características que presupone el modelo. Un punto que si se puede atribuir a la naturaleza del DEA, y que se puede considerar como un aspecto negativo, es su carácter determinístico; puesto que atribuye el que si una unidad tiene comportamiento ineficiente, esto se traduce exclusivamente en que existe una determinada distancia entre la frontera eficiente y su ubicación. A pesar de que se ha expuesto la flexibilidad en las ponderaciones como una fortaleza del DEA, también se puede convertir en un punto negativo puesto que por ejemplo las unidades extremas automáticamente se pueden catalogar como eficientes en el caso en que su ratio salida/entrada sea superior al resto puesto que su análisis podría recaer exclusivamente en este ratio; incluso podrían darse ocasiones en las cuales la eficiencia se evalúe sin considerar todo el conjunto de entradas y salidas. Otro punto a tener en cuenta es el abordado por Jacobs<sup>95</sup> aquel punto perverso del DEA es en el que se podría llegar a permitir que los directores de las unidades de decisión actúen de manera inapropiada con el fin de mejorar sus ratios de eficiencia a través de la contabilidad creativa o motivados por los grupos de presión, cuando la obtención de buenas medidas del DEA se incorporan al sistema de incentivos, proporcionando de esta forma, alteraciones entre entradas y salidas.

Sin embargo, y en opinión diferente al autor mencionado anteriormente, este podría ser un comportamiento en el cual se podría caer cuando se utilizan diversas herramientas y por tal motivo no solo es atribuible a la utilización del DEA; y nuevamente se considera que es más atribuible a condiciones externas que a condiciones intrínsecas del análisis envolvente de datos.

---

<sup>95</sup> JACOBS, Rowena. Alternative methods to examine hospital efficiency: Data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *En: Health Care Management Science*. Vol. 4, No. 2 (2001), p. 109.

### 2.2.2 FREE DISPOSAL HULL (FDH)

Es una técnica con menor difusión que el DEA y que trabaja sin el supuesto de convexidad, por esta razón se considera en términos genéricos un caso particular de DEA. Quienes primero la trabajaron fueron Deprins, Simar y Tulkens<sup>96</sup> con resultados tales que las unidades ineficientes establecidas bajo FDH lo son también bajo DEA, sin embargo lo contrario no es necesariamente cierto. Adicionalmente es interesante analizar la discusión desarrollada entre Thrall<sup>97</sup> y Cherchye, Kuosmanen y Post<sup>98</sup>, puesto que el primero asegura que FDH puede conducir a diferencias entre eficiencia técnica y la consideración del beneficio, premisa que es rebatida por los segundos.

Como característica principal se tiene que el único supuesto es que los insumos (inputs) o los productos (outputs) pueden descartarse con libertad, por esta razón es posible disminuir la cantidad de resultados manteniendo la tecnología de producción y no variando los niveles de insumos o incrementar los insumos mientras el nivel de producción no varía. De tal manera que se garantiza la existencia de una frontera de posibilidades de producción para todos los conjuntos de resultados; bajo estas premisas FDH demuestra que una unidad es relativamente ineficiente si otra unidad utiliza un nivel menor de insumos para generar mayores o iguales salidas y de la misma manera una unidad es relativamente eficiente si no existe otra que utilice menos insumos para obtener el mismo nivel de productos o mayor.

En la Figura 11. se ilustra la frontera de posibilidades mediante FDH, en la cual se establece que A,C y D son relativamente eficientes y B es relativamente ineficiente.

Este método establece el grado de eficiencia en dos pasos: primero, identifica los resultados eficientes relativos; segundo establece la distancia de los resultados individuales con respecto a la frontera. Para una ilustración más detallada de este método referirse a Thrall<sup>99</sup>.

---

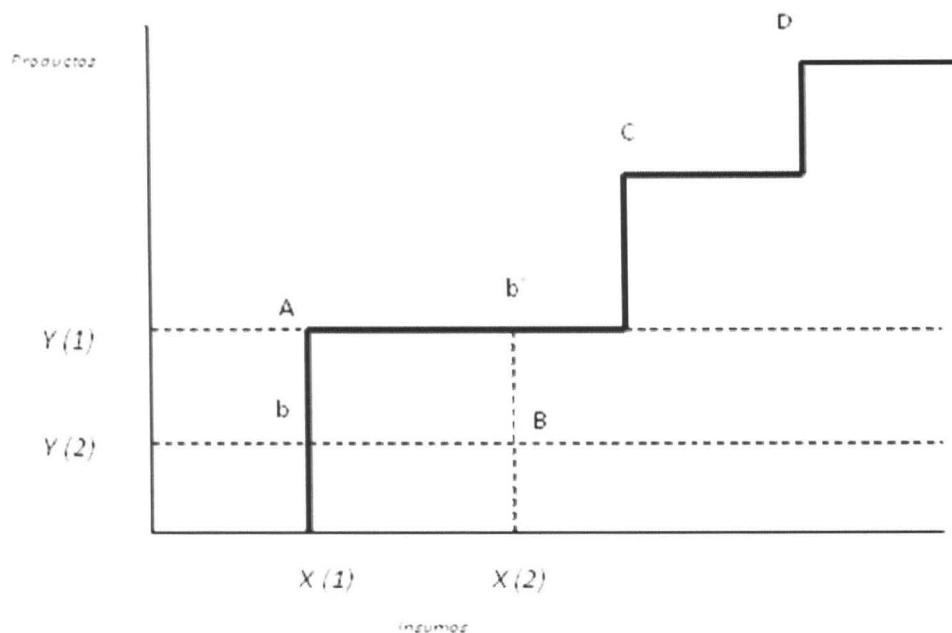
<sup>96</sup> DEPRINS, D.; SIMAR, L., y TULKENS, H. Measuring Labour-Efficiency in Post Offices. En: M. MARCHAND; P. PESTIEAU, y H. TULKENS (eds.). The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurements. Amsterdam: 1984, p. 263.

<sup>97</sup> THRALL, R. M. What is the Economic Meaning of FDH?. En: Journal of Productivity Analysis. Vol. 11, (1999); p. 243-250.

<sup>98</sup> CHERCHYE, L.; KUOSMANEN, T., y POST, T. What Is the Economic Meaning of FDH? A Reply to Thrall. En: Journal of Productivity Analysis. Vol. 13, No. 3 (2000); p. 263-267.

<sup>99</sup> THRALL, R. M. What is the Economic Meaning of FDH?. En: Journal of Productivity Analysis. Vol. 11, (1999); p. 243-250.

Figura 11. Frontera FDH eficiente



### 2.3 MODELOS PARAMÉTRICOS, MODELOS NO PARAMÉTRICOS: COMPARACIÓN

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, el hablar en términos de modelos mejores o peores no es plausible en este escenario, puesto que ambos modelos tienen sus fortalezas y debilidades; más bien los términos a utilizar deben ser que cada investigador o persona interesada en estas disciplinas de utilización de estos modelos debe sopesar cuál de los métodos se ajusta de mejor manera a sus requerimientos teniendo en cuenta la naturaleza de la problemática a resolver.

Para ayudar a allanar este camino se presentan a continuación aspectos positivos y negativos comparativos de las dos clases de modelos. Con el análisis envolvente de datos se pueden manejar entornos productivos con alto grado de complejidad compuestos por múltiples entradas y salidas (inputs y outputs), lo cual se convierte en una fortaleza que no tienen los métodos econométricos. Algunos autores presentan como debilidad del DEA el no poder aplicar herramientas estadísticas de control tanto para el modelo como tal como para los resultados, efectivamente al no ser un método paramétrico es imposible utilizar este tipo de herramientas pero en contraposición DEA tiene sus propias herramientas de control en diferentes escenarios que suplen con lujo de detalles las herramientas de tipo

estadístico. La robustez de los resultados está enteramente en consonancia con la naturaleza de cada uno de los métodos. DEA en algunas ocasiones ha demostrado experimentar un alto grado de sensibilidad ante las oscilaciones de datos de las DMU's (desventaja), en tanto SFA no parece experimentar este tan alto grado de sensibilidad (ventaja). DEA tiene la debilidad de no asumir el ruido estadístico, que se convierte en una fortaleza para SFA al permitirlo. No obstante, para Skinner<sup>100</sup> SFA ha recibido críticas por su potencial para mezclar el ruido estadístico y la ineficiencia. Los métodos paramétricos deben realizar supuestos fuertes respecto a la función de producción y a la frontera eficiente desde su primera aproximación al modelo, mientras que los no paramétricos, precisamente por su naturaleza, no tienen esta desventaja. Para los paramétricos el tener que hacer supuestos fuertes sobre la ineficiencia se convierte en una debilidad. En cuanto a permitir errores de medida Newhouse<sup>101</sup> considera que SFA tiene la ventaja sobre DEA puesto que los permite, pero tiene en contra que la ineficiencia se identifica desde supuestos no comparables sobre el error de distribución. Adicionalmente se tiene que SFA asume error de distribución, mientras que DEA no asume fluctuaciones en las medidas de las salidas ni asume errores de medida. Sin embargo Smith<sup>102</sup> considera que ambos métodos pueden ser vulnerables a errores de medida, con diferentes peligros: omitir variables significativas, inclusión de variables irrelevantes, adopción de tecnologías inapropiadas para el método escogido y/o la exigencia inapropiada de variables de rendimientos de escala variables. En diferentes ocasiones se han adelantado estudios comparativos de las dos metodologías en variados sectores económicos, por ejemplo: Ferrier y Lovell<sup>103</sup>; Ray y Mukherjee<sup>104</sup>; De Borges y Kerstens<sup>105</sup>. En el caso específico de Bowlin et al<sup>106</sup> el estudio se desarrolló en 15 hipotéticos hospitales comparando DEA con el análisis de regresión, este estudio determinó que DEA identificaba las fuentes de ineficiencia mostrando aquellos recursos que estaban

---

<sup>100</sup> SKINNER, Jonathan. What do stochastic frontier cost functions tell us about inefficiency?. En: Journal of Health Economics. Vol. 13, No. 3 (1994), p. 325.

<sup>101</sup> NEWHOUSE, J.P. Frontier Estimation: How Useful a Tool for Health Economics. En: Journal of Health Economics. Vol. 13, (1994), p. 320.

<sup>102</sup> SMITH, P. Model misspecification in data envelopment analysis. En: Annals of Operational Research. Vol. 73, (1997); p. 249.

<sup>103</sup> FERRIER, Gary D. y LOVELL, C. A. Knox. Measuring cost efficiency in banking. En: Journal of Econometrics. Vol. 46, (1990); p. 229-245.

<sup>104</sup> RAY, S. y MUKHERJEE, K. Comparing parametric and nonparametric measures of efficiency: a reexamination of the Christensen-Green data. En: Journal of Quantitative Economics. Vol 11, No. 1 (ene, 1995); p. 155-168

<sup>105</sup> DE BORGES, B. y KERSTENS, K. Cost efficiency of Belgian local governments: A comparative analysis of FDH, DEA and econometric approaches. En: Regional Science and Urban Economics. Vol. 26, No. 2 (1996); p. 145-170.

<sup>106</sup> BOWLIN, William Frank; CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager y SHERMAN, H. David. Data envelopment analysis and regression approaches to efficiency estimation and evaluation. En: Annals of Operations Research. Vol. 2, (1985); p. 113-138.

siendo utilizados en exceso, mostrando esto como una ventaja de DEA. Años más tarde Thanassoulis<sup>107</sup> amplió este análisis mostrando que DEA ofrecía estimaciones más precisas sobre la eficiencia relativa y los niveles objetivos, aunque los resultados de los estudios también mostraron el que las estimaciones del análisis de regresión eran más estables. Linna y Häkkinen<sup>108</sup> desarrollaron un estudio comparativo entre DEA y SFA en hospitales finlandeses, llegando a la conclusión que la elección del modelo afecta el resultado del análisis basados en que existían algunas diferencias en los resultados de eficiencia; pero igualmente hacen la salvedad que en general existía una gran cercanía para los niveles medios de eficiencia. Para Jacobs<sup>109</sup> en ambos métodos se observa que en determinadas circunstancias se permite la utilización de indicadores bastante pobres como medida de las salidas y que esto podría hacer caer en decisiones erróneas llevando a dedicar recursos para la obtención de productos con baja prioridad.

#### 2.4 MODELOS SEMI-NO PARAMÉTRICOS: REDES NEURONALES ARTIFICIALES (RNA)

Para García Martínez<sup>110</sup> y García-Martínez y Borrajo<sup>111</sup> la inteligencia artificial se define como la forma de diseñar procesos y procedimientos con características que se consideran tienen una muy fuerte relación con el comportamiento humano inteligente. La toma de decisiones, el razonamiento y el aprendizaje, entre otros, son procesos propios del pensamiento humano los cuales son abordados con el objetivo de ser modelados, mediante la utilización de diferentes diseños. Según Rich y Knight<sup>112</sup> una de las arquitecturas que ha surgido para emular el comportamiento del aprendizaje es la red neuronal, que toma como modelo el cerebro humano. Hornik, Stinchcombe y White<sup>113</sup> y White<sup>114</sup> definen a las

---

<sup>107</sup> THANASSOULIS, Emmanuel. A comparison of regression analysis and data envelopment analysis as alternative for performance assessments. En: Journal of the Operational Research Society. Vol. 44, No. 11 (1993); p. 1129-1144.

<sup>108</sup> LINNA, M. y HÄKKINEN, U. A comparative application of econometric frontier and DEA methods for assessing cost efficiency of Finnish hospitals. En: Developments in Health Economics and Public Policy. Vol. 6, (1998); p. 167-187.

<sup>109</sup> JACOBS, Rowena. Alternative methods to examine hospital efficiency: Data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. En: Health Care Management Science. Vol. 4, No. 2 (2001); p. 103-115.

<sup>110</sup> GARCÍA MARTÍNEZ, Ramón. Sistemas Autónomos. Aprendizaje Automático. Buenos Aires: Nueva Librería, 1997, p. 40.

<sup>111</sup> GARCÍA MARTÍNEZ, R. y BORRAJO, D. An Integrated Approach of Learning, Planning and Executing. En: Journal of Intelligent and Robotic Systems. Vol. 29, No. 1 (2000), p. 50.

<sup>112</sup> RICH E. y KNIGHT K. Introduction to Artificial Networks. MacGraw-Hill Publications, 1991, p. 10.

<sup>113</sup> HORNIK, K.; STINCHCOMBE, M. y WHITE, H. Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators. En: Neural Networks. Vol. 3, (1989), p. 553.

Redes Neuronales Artificiales como modelos semi-estocásticos no paramétricos capaces de aproximar funciones. Adicionalmente López de Prado e Illera<sup>115</sup> aportan la siguiente definición: son modelos de predicción que al igual que los indicadores técnicos emplean datos de un pasado más o menos reciente. Se considera que prioritariamente su utilidad se evidencia en circunstancias donde el proceso generador de datos es desconocido y/o se presentan no linealidades, de tal manera que teóricamente es una opción más en la aproximación de funciones no lineales de producción (y de coste) y por tanto, en las estrategias de medición de eficiencia. Según Cheng y Titterington<sup>116</sup> en la mayoría de las ocasiones, entre los modelos estadísticos tradicionales y los neuronales existen diferencias solo a nivel de la terminología empleada.

Sin embargo, Zhang, Patuwo y Hu<sup>117</sup> y Vellido, Lisboa y Vaughan<sup>118</sup> consideran que la aplicación de esta técnica a pesar de estar muy difundida en otros campos (biología, física, matemáticas e ingeniería, por ejemplo), en el campo de lo económico y lo referente a la gestión apenas empieza a ser vislumbrada. Algunos autores consideran que el origen de estas redes está en el trabajo de McCulloch y Pitts<sup>119</sup>, pero otros consideran que este trabajo no tiene el bagaje suficiente y por esto referencian a Rumelhart, Hinton y Williams<sup>120</sup> como aquellos autores que propiciaron todo el desarrollo posterior. Vale la pena mencionar, entre otros, como autores referenciales a: Hertz, Krogh y Palmer<sup>121</sup>, Bishop<sup>122</sup>, Ripley<sup>123</sup>,

---

<sup>114</sup> WHITE, H. Connectionist Nonparametric Regression: Multilayer Feedforward Networks Can Learn Arbitrary Mappings. En: Neural Networks. Vol. 3, (1990), p. 537.

<sup>115</sup> LÓPEZ DE PRADO, Marcos Mailos y ILLERA Rodrigo. Invertir en Hedge Funds: Análisis de su estructura, estrategias y eficiencia. Madrid: Editorial Diaz de Santos, 2004, p. 483.

<sup>116</sup> CHENG, B., y TITTERINGTON, D. M. Neural Networks: a Review from a Statistical Perspective. En: Statistical Science. Vol. 9, No. 1 (1994), p. 31.

<sup>117</sup> ZHANG, G.; PATUWO, B. E., y HU, M. Y. Forecasting with Artificial Neural Networks: the State of the Art. En: International Journal of Forecasting. Vol. 14, (1998), p. 47.

<sup>118</sup> VELLIDO, A.; LISBOA, P. J. G., y VAUGHAN, J. Neural Networks in Business: A Survey of Applications (1992-1998). En: Expert Systems with Applications. Vol 17, (1999), p. 60.

<sup>119</sup> MCCULLOCH, W. S., y PITTS, W. A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. En: Bulletin of Mathematical Biophysics. Vol. 5, (1943); p. 115-133.

<sup>120</sup> RUMELHART, D.; HINTON, G., y WILLIAMS, R. Learning Internal Representations by Error Propagation. En: RUMELHART D. y MCCLELLAND J. Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition. Cambridge: MIT Press, Vol. 1, 1986. p. 318-362.

<sup>121</sup> HERTZ, John; KROGH, Anders y PALMER, Richard G. Introduction to the Theory of Neural Computation. Addison-Wesley, 1991. 327 p.

<sup>122</sup> BISHOP, Christopher M. Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford: Clarendon Press, 1995. 504 p.



White<sup>124</sup>, Cheng y Titterington<sup>125</sup>, Kuan y White<sup>126</sup>, Warner y Misra<sup>127</sup> y a Zapranis y Refenes<sup>128</sup>. Dentro de las principales características de las RNA citadas por Hinton<sup>129</sup> y Hertz, Krogh y Palmer<sup>130</sup>, están: ofrecen un paradigma atractivo para el diseño y el análisis de sistemas adaptativos inteligentes en un amplio campo de aplicaciones en inteligencia artificial por las siguientes razones: flexibilidad para la adaptación y el aprendizaje (mediante la modificación de las estructuras computacionales empleadas), robustez ante la presencia de ruido (datos erróneos o incompletos), habilidad para generalizar, capacidad de recuperación ante fallas, potencial para su computación masiva paralela, y semejanza (si bien superficial) con las redes neuronales biológicas.

En las RNA se analizan las relaciones entre variables teniendo como base las observaciones; teniendo en cuenta que se trata de un aprendizaje orientado por los datos, data-based frente a model-based, donde el modelo especificado es quien determina el ajuste. Las RNA trabajan genéricamente con tres capas o neuronas:

1) Capa de Entradas: las neuronas allí presentes se destinan para reconocer y recibir las variables de entrada (input).

2) Capa Intermedia (u oculta): mediante parámetros o ponderaciones (en términos neuronales: conexiones o pesos sinápticos) sus unidades combinan las entradas provenientes de la capa 1) iniciando el ajuste que se realizará en todo lo largo del proceso

---

<sup>123</sup> RIPLEY, Brian D. Pattern Recognition and Neural Networks. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 403 p.

<sup>124</sup> WHITE, H. Learning in Artificial Neural Networks: a Statistical Perspective. En: Neural Computation. Vol. 1, (1989); p. 425-464.

<sup>125</sup> CHENG, B., y TITTERINGTON, D. M. Neural Networks: a Review from a Statistical Perspective. En: Statistical Science. Vol. 9, No. 1 (1994); p. 2-54.

<sup>126</sup> KUAN, C. M., y WHITE, H. Artificial Neural Networks: an Econometric Perspective. En: Econometric Reviews. Vol. 13, (1994); p. 1-91.

<sup>127</sup> WARNER, B., y MISRA, M. Understanding Neural Networks as Statistical Tools. En: The American Statistician. Vol. 50, (1996); p. 284-293.

<sup>128</sup> ZAPRANIS, Achilleas. y REFENES, Apostolos-Paul. Principles of Neural Model Identification, Selection and Adequacy. With Applications to Financial Econometrics. Springer, 1999. 190 p.

<sup>129</sup> HINTON, G. E. Connectionist Learning Procedures. En: Artificial Intelligence. Vol. 40, (1989), p.230.

<sup>130</sup> HERTZ, John; KROGH, Anders y PALMER, Richard G. Introduction to the Theory of Neural Computation. Addison-Wesley, 199, p. 90.

de entrenamiento de la red. Normalmente existe solo una, pero cuando se evidencian discontinuidades, algunas veces se trabaja con dos capas ocultas.

3) Capa de Salida: emite las salidas de la red.

La red neuronal más empleada es la red *feedforward* o perceptrón multicapa (MLP, *Multi-Layer Perceptron*), donde las unidades de cada capa están conectadas con las unidades de la capa siguiente. También son utilizadas con frecuencia las redes de base radial (*radial basis functions networks*), relacionadas con análisis cluster y de componentes principales, y las redes recurrentes (*recurrent networks*) que son extensiones de las redes *feedforward*, ya que además existen conexiones hacia atrás entre las capas.

Para Bishop<sup>131</sup> las denominadas redes de Jordan y de Elman son las más extendidas. Santín, Delgado y Valiño<sup>132</sup> y otros autores han concretado algunas ventajas y desventajas de RNA: no necesitan ser programadas; son capaces de aprender a partir de ejemplos reales mediante la adaptación de los pesos. No hace supuestos acerca de la distribución de las variables independientes y por tanto permite la introducción de variables continuas y categóricas. La red permite realizar transformaciones no lineales lo que es una ventaja frente a otros modelos. La principal desventaja de las redes de neuronas son por un lado la imposibilidad de determinar cómo se procesa internamente la información y por otro su incapacidad para contrastar el modelo. Si se quiere ahondar en los aspectos positivos Bonilla, M. y Puerta, R.<sup>133</sup> ratifican la mayor fuerza predictiva de las Redes. Athnassopoulos y Curram<sup>134</sup> realizan un trabajo comparativo entre DEA y RNA con datos simulados, llegando a establecer que DEA es superior a RNA en medición de la ineficiencia y que RNA es similar a DEA en la ordenación de las unidades bajo estudio. Luego Curram, Athnassopoulos y Shale<sup>135</sup> publican los resultados de nuevas comparaciones entre estos dos métodos.

---

<sup>131</sup> BISHOP, Christopher M. *Neural Networks for Pattern Recognition*. Oxford: Oxford University Press, 2005, p.311.

<sup>132</sup> SANTÍN, D.; DELGADO, F.J. y VALIÑO, A. Measuring Technical Efficiency with Neural Networks: A Review. En: Efficiency Series Paper 9/01, Permanent Seminar on Efficiency and Productivity, Universidad de Oviedo, (2001).

<sup>133</sup> BONILLA, Ma y PUERTAS, R. Análisis de las redes neuronales: aplicación a problemas de predicción y clasificación financiera. En: Quaderns de Treball 43. Departamento de Economía Financiera y Matemática de Valencia, (1997).

<sup>134</sup> ATHNASSOPOULOS, A., y CURRAM, S. A Comparison of Data Envelopment Analysis and Artificial Neural Networks as Tools for Assessing the Efficiency of Decision-Making Units. En: Journal Of The Operational Research Society. Vol. 47, (1996); p. 1000-1016.

Tomando como fuente a Delgado<sup>136</sup> se ha extraído la Figura 12. la cual compara resultados de diferentes metodologías:

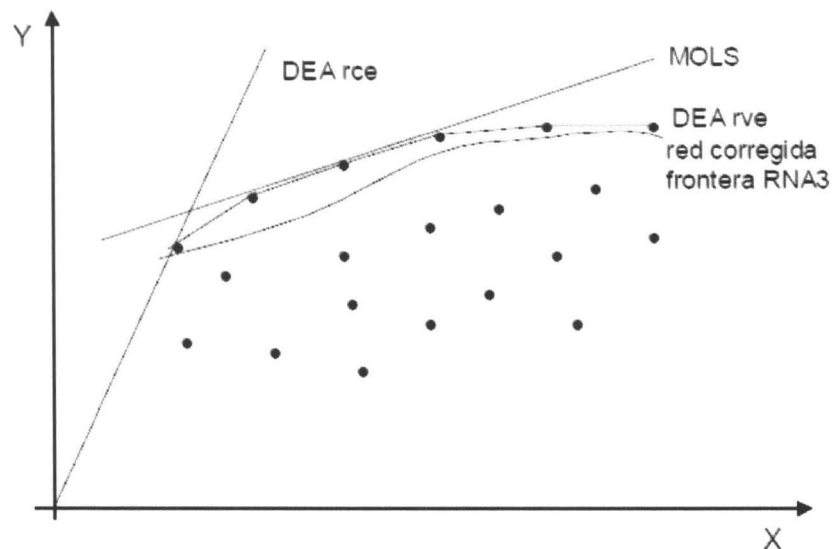
DEA con CRS (denominado por el autor como DEA rce),

Mínimos Cuadrados Ordinarios Corregidos (denominados por el autor como MOLS: Mínimos Cuadrados Ordinarios Modificados),

DEA con VRS (denominados por el autor DEA rve) y RNA.

Figura 12.

### ALTERNATIVAS PARA ESTIMACIÓN DE FUNCIONES FRONTERA



Fuente: DELGADO RIVERO, Francisco J. Medición de Eficiencia con redes neuronales artificiales. Una explicación al servicio de recogida de basuras. En: cuadernos de economía y dirección de la empresa. No. 25 (2005), p. 64.

<sup>135</sup> CURRAM, S. P.; ATHANASSOPOULOS, A. D., y SHALE, E. A comparison of a frontier-based neural network and data envelopment analysis for assessing the efficiency of activity units. En: OR41-1999 Annual Conference of the Operational Research Society, Edinburgo, (1999).

<sup>136</sup> DELGADO RIVERO, Francisco J. Medición de Eficiencia con redes neuronales artificiales. Una explicación al servicio de recogida de basuras. En: cuadernos de economía y dirección de la empresa. No. 25 (2005), p. 64.

### 3. LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

La Función de Extensión en la Universidad Nacional de Colombia fue definida en el 2001 por el Consejo Superior Universitario<sup>137</sup> como una función sustantiva de la Universidad que tiene como finalidad propiciar y establecer procesos permanentes de interacción e integración con las comunidades nacionales e internacionales, en orden a asegurar su presencia en la vida social y cultural del país, a incidir en las políticas nacionales y a contribuir a la comprensión y solución de sus principales problemas.

No obstante, para entender en toda su dimensión el real significado de lo que actualmente se denomina como Función de Extensión; es necesario realizar un recorrido histórico que muestre como ha sido el desarrollo de los diferentes lineamientos.

#### 3.1 BREVE RECORRIDO HISTÓRICO

La Universidad Nacional de Colombia fue creada por el Congreso de los Estados Unidos de Colombia<sup>138</sup> mediante Ley 66 en el año de 1867 organizándola en seis escuelas: Derecho, Medicina, Ciencias Naturales, De Ingenieros, Artes y Oficios y Literatura y Filosofía. Sin embargo es a partir del año 1980 cuando se empieza un verdadero desarrollo en las diferentes reglamentaciones que atañe a la extensión universitaria.

3.1.1 Años 80's En el año 1980 (enero 22) el Presidente de la República de Colombia<sup>139</sup> mediante Decreto Ley, establece el Régimen Orgánico de la Universidad Nacional de Colombia; mencionando dentro de sus fines la prestación de servicios de asesoría y el desarrollo de programas de extensión universitaria - el Régimen Orgánico de la Universidad Nacional de Colombia inmediatamente anterior a esta publicación fue

---

<sup>137</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 004 de 2001. Por el cual se reglamenta la Función de Extensión en la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, mayo 21 de 2001.

<sup>138</sup> ESTADOS UNIDOS DE COLOMBIA. CONGRESO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE COLOMBIA: ley 66 de 1867. Ley que crea la Universidad de los Estados Unidos de Colombia. Bogotá, septiembre 22 de 1867.

<sup>139</sup> REPUBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL: decreto No. 82 de 1980. Por el cual se establece el régimen orgánico de la Universidad Nacional de Colombia y se dictan otras disposiciones. Bogotá, enero 22 de 1980.

establecido en el año 1963 por el Congreso de Colombia<sup>140</sup> con la Ley 65 (diciembre 19); pero en ella no se hace mención alguna a la extensión -. En la Ley de 1980 también se menciona el hecho que la Universidad está constituida por directivos, profesores y estudiantes organizados en Facultades, Institutos, Departamentos, Secciones y Centros para lograr sus finalidades y dentro de ellas están las de asesoría y extensión. Dentro de las funciones del Consejo Académico se detalla el revisar y aprobar las políticas de asesoría y de extensión universitaria. En cuanto a los planes y programas de asesoría y extensión universitaria, deja su organización y desarrollo al interior de las Facultades y su respectiva aprobación a los Consejos Directivos de ellas. Respecto al personal que se desempeña en la prestación de servicios ocasionales de extensión, hace claridad que no son empleados de la Universidad y que por lo tanto solo media un contrato de prestación de servicios.

Se emite el Acuerdo 56 (mayo 13) por parte del Consejo Superior Universitario<sup>141</sup> por el cual se reglamenta la prestación de servicios de Asesoría por parte de las Facultades, considerando que en el Estatuto de Personal Docente los profesores de dedicación exclusiva o tiempo completo pueden prestar dichos servicios siempre y cuando tengan autorización del respectivo Consejo Directivo de Facultad. Se establece que se deberá entender por servicios de asesoría o extensión universitaria, de que trata el Decreto 82 de 1980, las actividades como consultorías, servicios profesionales y estudio especiales de carácter transitorio que realicen las facultades, los Institutos Inter-Facultades o el Centro de Estudios Especiales, a solicitud de personas jurídicas o naturales, públicas o privadas, nacionales o extranjeras. Se estipula que toda solicitud deberá hacerse por escrito y deberá ser estudiada por el respectivo Departamento o Instituto y deberá tener el siguiente contenido mínimo: Finalidad de servicio solicitado; Programación de las actividades requeridas por la asesoría; Duración del servicio; Requerimientos en recursos humanos, instalaciones, equipos y materiales; Costos del servicio y forma de pago. No se deben considerar las solicitudes de instituciones de carácter docente para que profesores de la Universidad dicten asignaturas de pregrado o de posgrado. Los Consejos Directivos, asesorados por los respectivos Comités de Directores de Departamento, nombrarán los profesionales docentes o particulares que según el estudio deban participar en determinados trabajos del servicio de asesoría. En los costos del servicio se incluirán los honorarios tanto de los docentes que participen como del personal especial que se requiera contratar; las bonificaciones al personal docente se deberán calcular con base en la diferencia entre los honorarios correspondientes señalados en el presupuesto y el salario respectivo del docente; esta bonificación no hará parte del salario. Los ingresos que se recauden por estos servicios

---

<sup>140</sup> REPUBLICA DE COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA: ley 65 de 1963. Por el cual se establece el régimen orgánico de la Universidad Nacional de Colombia y se dictan otras disposiciones. Bogotá, diciembre 19 de 1963.

<sup>141</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 56 de 1980. Por el cual se reglamenta la prestación de servicios de Asesoría por parte de las Facultades. Bogotá, mayo 13 de 1980.

deberán ser depositados en el Fondo Especial de la respectiva Facultad. Del producido neto del servicio se deberá hacer la siguiente distribución: 10% para el Fondo Especial del Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad; 5% para el Fondo Especial de la Dirección de Divulgación Cultural de la sede o de la respectiva Seccional; 5% para el Fondo Rotatorio del Departamento de Bibliotecas de la Universidad, Sede Bogotá o de la Biblioteca de la respectiva Seccional; hasta un 15% para bonificar al personal docente; el porcentaje restante deberá destinarse a la Facultad. Así mismo se detalla la forma como se debe establecer el producido del servicio. Se especifica que en caso de que sea necesario descargar a un docente de su labor académica, o de parte de esta, y se requiera un reemplazo, el pago de este se deberá hacer con cargo al servicio. También se dice que los profesores de Medio Tiempo o Cátedra podrán colaborar en la prestación de estos servicios.

En el mismo año 1980 (septiembre 19) el Consejo Superior Universitario<sup>142</sup> expide el Estatuto General de la Universidad Nacional de Colombia en uso de las atribuciones legales dadas por el Decreto 082 de 1980. En el Estatuto se reiteran los puntos mencionados en el Régimen Orgánico y se adiciona como función de los Consejos de Decanos el absolver consultas sobre extensión universitaria de la correspondiente seccional. Deja explícito que dentro de las funciones de los Departamentos al interior de las Facultades está el difundir por medio de publicaciones los resultados de la extensión y que los Directores de estos Departamentos deben responder ante los Decanos y los Consejos Directivos de las Facultades por la buena marcha de los planes de asesoría y extensión puesto que ellos asignan este tipo de tareas al personal docente y adicionalmente ellos son quienes recomiendan la aprobación de los diferentes programas de extensión universitaria.

En el año 1982 (mayo 26) el Consejo Superior Universitario<sup>143</sup> considera necesario el aclarar la aplicación del Acuerdo 56 de 1980, en lo que hace referencia a la liquidación del valor de la bonificación, así: si se concede descarga académica total, el valor de la bonificación será igual al valor de los honorarios establecidos por el Consejo Directivo, menos el 100% del salario que tenga el docente, si la descarga académica es parcial el valor de la bonificación deberá ser igual al valor de los honorarios establecidos menos un porcentaje del salario que tenga el docente, de acuerdo con el número de horas semanales de descarga académica.

---

<sup>142</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 124 de 1980. Por el cual se expide el Estatuto General de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, septiembre 19 de 1980.

<sup>143</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 75 de 1982. Por el cual se aclara la aplicación del Acuerdo 56 de 1980. Bogotá, mayo 26 de 1982.

El Consejo Superior Universitario<sup>144</sup> considera necesario en el año 1985 (octubre 29) modificar los Acuerdos 56 de 1980 y 75 de 1982; entendiéndose por servicios de asesoría o extensión universitaria actividades como: consultorías, desempeño de cargos de dirección en el sector público que sean benéficos para la Universidad, servicios profesionales y estudios especiales de carácter transitorio que realicen Facultades o los Institutos Interfacultades a solicitud de personas jurídicas o naturales, públicas o privadas, nacionales o extranjeras. Adicionalmente delimita la participación de los Docentes de Tiempo Completo en una o varias asesorías de tal manera que no pueda exceder de veinte horas semanales adicionales a su jornada de cuarenta horas de trabajo en la Universidad, si el docente es de Dedicación Exclusiva el número de horas es de dieciséis semanales y en el caso de los Docentes de Medio Tiempo el número que no puede exceder es de 40. Se establece que todo docente que preste servicios de asesoría deberá incluir necesariamente actividades docentes en su jornada de trabajo y se podrán reconocer pagos de bonificaciones al docente siempre y cuando los servicios de asesoría o extensión generen ingresos a la Universidad; cuando un Docente de Tiempo Completo o de Dedicación Exclusiva participe en una o varias asesorías, la suma total de las bonificaciones por él recibidas en un año no podrá exceder el 50% del total devengado por el docente en la Universidad durante el mismo periodo; para los Docentes de Medio Tiempo esta suma no podrá exceder el 200%. Las bonificaciones autorizadas serán canceladas máxime en 6 cuotas al año, pero la última de ellas sólo será reconocida después del ingreso efectivo del valor total de la asesoría y previa certificación de recibo a satisfacción del trabajo realizado.

Mediante el Acuerdo 27 de 1986 (abril 30) el Consejo Superior Universitario<sup>145</sup> reglamenta la prestación de Servicios de Asesoría y el desarrollo de Programas de Extensión Universitaria, entendiéndose por ellos actividades tales como consultorías, desempeño de cargos de dirección en el sector público, estudios especiales de carácter transitorio que realicen facultades en organismos Interfacultades a solicitud de personas jurídicas o naturales, públicas o privadas, nacionales o extranjeras, y cursos de extensión que organice la Universidad. Adicionalmente detalla los aspectos que debe contener toda solicitud de asesoría o extensión, así:

- Finalidad del servicio solicitado
- Programación de las actividades requeridas por el servicio.
- Duración del servicio.
- Requerimiento de recursos humanos, instalaciones, equipos, materiales y sus costos.
- Precio del servicio y forma de pago.

---

<sup>144</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 89 de 1985. Por el cual se modifican los Acuerdos 56 de 1980 y 75 de 1982, sobre Prestación de Servicios de Asesoría y de Extensión Universitaria. Bogotá, octubre 29 de 1985.

<sup>145</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 27 de 1986. Por el cual se reglamenta la prestación de SERVICIOS DE ASESORIA y el Desarrollo de Programas de Extensión Universitaria. Bogotá, abril 30 de 1986.

Adicionalmente se estipula que la participación de un docente de Tiempo Completo en una o varias asesorías no podrá exceder de 20 horas semanales adicionales a su jornada de trabajo en la Universidad, si es de Dedicación Exclusiva no podrá exceder de 16 horas semanales y para el caso de Medio Tiempo no podrá exceder de 40 horas. Se colocan topes máximos a las bonificaciones percibidas por el personal docente por esta actividad: para docentes de dedicación exclusiva 36.4% del total de su salario mensual promedio, Tiempo Completo 50% del total de su salario mensual promedio; para el caso de Medio Tiempo o Cátedra el 100% del salario mensual promedio que devengaría como docente de tiempo completo. En todo caso el pago de las bonificaciones se hará si el servicio le genere a la Universidad producido neto. De los ingresos brutos de los servicios el Fondo Especial de la Facultad descontará y girará el 10% con destino al Fondo Especial de la Vicerrectoría Académica, para destinarlo a la Biblioteca, al Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico y a la División de Divulgación Cultural.

En el año 1987 (septiembre 23) el Consejo Superior Universitario<sup>146</sup> reglamenta los Programas de Educación Continuada teniendo por objeto la actualización de profesionales, abarcando cursos y actividades de carácter formativo; no exigiendo dedicación de tiempo completo. La organización de este tipo de actividades las delega en los siguientes organismos y directivos, con funciones para cada uno, así:

- Consejo Directivo (de Facultad): Autorizar el plan anual de actividades; aprobar la programación académica de cada una de las actividades contenidas en el plan y de aquellas que se prolongan adicionalmente; fijar las calidades y el número mínimo de participantes para cada actividad; estudiar el presupuesto de cada una de las actividades, fijando las bonificaciones al personal Docente de acuerdo a las normas vigentes; fijar el costo para cada uno de los asistentes y determinar las exenciones de pago; designar el coordinador de cada actividad.
- Decano: Ejecutar a través del Fondo Especial de la respectiva Facultad el presupuesto que demande cada programa, expedir los certificados de asistencia según normatividad existente.
- Vice-Decano Académico: Fomentar el desarrollo de las actividades y orientar a los docentes en las formulación de propuestas, analizar y evaluar las propuestas de actividades y presentarlas al Consejo Directivo, coordinar a nivel de facultades las actividades con la asesoría de los Directores de departamento y de Programas Curriculares.
- Coordinador del curso o de la actividad de Educación Continuada: Coordinar todas las actividades conducentes a la normal realización del curso o actividad; velar por

---

<sup>146</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 68 de 1987. Por el cual se reglamentan los PROGRAMAS DE EDUCACION CONTINUADA. Bogotá, septiembre 23 de 1987.



la provisión oportuna de los materiales, elementos y equipo y presentar al Consejo Directivo un informe evaluativo.

Adicionalmente hace claridad respecto a los elementos que debe contener cada propuesta, así:

- Nombre del curso o actividad.
- Alcance y objetivos.
- Programa calendario y actividades del evento.
- Calidades exigidas a los participantes.
- Número de cupos.
- Presupuesto.
- Nombre de los conferencistas externos y de los docentes que participarán.
- Otra información necesaria.

Y encarga a cada Facultad para que envíe previamente a la Rectoría, a través de la Oficina de Planeación, el proyecto de resolución mediante el cual se autoriza el curso, se aprueba el presupuesto, se fijan las bonificaciones, se autoriza su ejecución a través del respectivo Fondo Especial.

3.1.2 Años 90's El Congreso de Colombia<sup>147</sup> en la Ley 30 de diciembre 28 de 1992 organiza el servicio público de la Educación Superior; en esta Ley se referencia lo que tiene que ver con extensión de la siguiente manera: la autonomía universitaria estará determinada por su campo de acción en el aspecto de definir y organizar sus labores formativas, académicas, docentes, científicas, culturales y de extensión. Dentro de las funciones delimitadas para el Consejo Académico está la de decidir sobre el desarrollo académico de la institución en lo relativo a docencia, especialmente en cuanto se refiere a programas académicos, a investigación, extensión y bienestar universitario. Adicionalmente se expresa que la extensión comprende los programas de educación permanente, cursos, seminarios y demás programas destinados a la difusión de los conocimientos, al intercambio de experiencias, así como las actividades de servicio tendientes a procurar el bienestar general de la comunidad y la satisfacción de las necesidades de la sociedad. Adicionalmente se faculta al Gobierno Nacional para que en un plazo de 6 meses, reestructure a la Universidad Nacional de Colombia y expida las normas reglamentarias.

---

<sup>147</sup> REPUBLICA DE COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA: ley 30 de 1992. Por el cual se organiza el servicio público de la Educación Superior. Santafé de Bogotá, diciembre 28 de 1992.

El Consejo Superior Universitario<sup>148</sup> mediante el Acuerdo 21 de 1993 (abril 14) reglamenta la prestación de Servicios Académicos Remunerados, puesto que estos son convenientes para la Universidad porque le permite tener un mejor contacto con la realidad del país. Expresa adicionalmente que se debe entender por estos servicios todas aquellas actividades que generen ingresos a la Universidad, dentro de ellos: trabajos de consultoría y asesorías de tipo técnico, científico y artístico, cursos de educación continuada y en general aquellos servicios académicos que se realicen con la autorización de las Vice rectorías, las Oficinas de Extensión, las Facultades, los Centros y los Institutos Interfacultades. Se aclara que el cálculo financiero de los servicios se debe realizar de tal manera que se garantice su rentabilidad.

En consecuencia a la expedición de la ley 30 de 1992, referenciada anteriormente, en Julio del año 1993 el Presidente de la República de Colombia<sup>149</sup> reestructura el régimen orgánico especial de la Universidad. Menciona a los programas de extensión como uno de los fines de la Universidad, cooperando con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales para adelantar este tipo de programas en procura de solucionar problemas sociales y económicos. Y en razón a su autonomía académica, le otorga el poder de definir y reglamentar las características de estos programas. También le otorga el derecho a crear fondos de Manejo Especial para la administración de los recursos generados por la extensión procurando el fortalecimiento de la institución. Adicionalmente le da como función al Consejo Superior Universitario el establecer y supervisar sistemas de evaluación institucional en cuanto a la extensión y al Consejo Académico la función de emitir concepto sobre el desarrollo de estos programas. Coloca en la esfera de las Facultades la administración de los programas de extensión mediando el hecho de la participación en ellos del personal académico. Adicionalmente crea estímulos y distinciones académicas para el personal académico que participe en la prestación de servicios académicos remunerados.

Mediante el Acuerdo 48 de 1993 (agosto 4) el Consejo Superior Universitario<sup>150</sup> reglamenta los procedimientos y los estímulos para la participación del personal académico en la prestación de servicios académicos remunerados: para que se pueda desarrollar un contrato

---

<sup>148</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 021 de 1993. Por el cual se reglamenta la prestación de servicios académicos remunerados. Santafé de Bogotá, abril 14 de 1993.

<sup>149</sup> REPUBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL: decreto No. 1210 de 1993. Por el cual se reestructura el régimen orgánico especial de la Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, julio 28 de 1993.

<sup>150</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 048 de 1993. Por el cual se reglamentan procedimientos y estímulos para la participación en la prestación de servicios académicos remunerados. Santafé de Bogotá, agosto 4 de 1993.

de prestación de servicios es necesario contar anticipadamente con una resolución de aprobación de alguna de las Vicerrektorías o de alguna de las Facultades. Dependiendo del monto financiero del contrato, adicionalmente deberá contar con los vistos buenos de la Oficina de Planeación y de la Oficina Jurídica de la respectiva sede. La Oficina de Planeación de cada una de las sedes es la encargada del control sobre los servicios académicos remunerados. Los ingresos recaudados por la prestación de estos servicios podrán ser depositados en el Fondo Especial de la respectiva Facultad o Vicerrektoría. De los ingresos brutos se transferirá el once por ciento (11%) al Fondo Especial de la Vicerrektoría de Sede, estos ingresos se destinarán al Departamento de Bibliotecas, al Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico, al Fondo de Publicaciones de la Universidad, al desarrollo de la informática, a la División de Divulgación Cultural y a programas de extensión solidaria. Adicionalmente se colocan topes máximos porcentuales a los estímulos al personal académico que participe en la prestación de servicios remunerados y se delimitan los tiempos máximos por los cuales los docentes pueden recibir dichos estímulos.

En el año 1999 (mayo 13) se adopta el Estatuto General de la Universidad con el Acuerdo 13 emitido por el Consejo Superior Universitario<sup>151</sup>, en el cual se expresa como función del Consejo Superior Universitario el establecer y supervisar sistemas de evaluación de los programas de extensión, se detalla el hecho que las Facultades son las encargadas de administrar los programas de extensión y estos serán dirigidos por cualquiera de las Unidades Básicas de gestión académico-administrativa que forman parte de dicha Facultad. Se hace claridad respecto a que los Centros Interfacultades tienen como objeto principal la extensión.

3.1.3 Año 2000 Se crea el Comité de Investigaciones y Extensión a nivel de las Facultades en el Acuerdo 10 de 2000 (septiembre 25) del Consejo Superior Universitario<sup>152</sup>, dando la posibilidad de crear dos Comités: uno de Investigación y el otro de Extensión si la complejidad de la Facultad así lo amerita. Dándole como una de sus funciones el coordinar y evaluar la función de extensión. Este comité será presidido por el Decano. Se crean las Unidades de Apoyo a la Gestión, que dependen directamente del Decano, y que prestan apoyo logístico y/o administrativo para el desarrollo de las actividades de extensión entre otras. Los Departamentos, Escuelas o Conservatorios, la Facultad escoge la denominación que más le convenga, cumplen funciones relativas a la administración y desarrollo de la

---

<sup>151</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 13 de 1999. Por el cual se adopta el Estatuto General de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, mayo 13 de 1999.

<sup>152</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 010 de 2000. Por el cual se desarrollan disposiciones del Estatuto General de la Universidad relacionadas con la organización de las Facultades y se dictan otras disposiciones. Bogotá, septiembre 25 de 2000.

extensión. Se deja abierta la posibilidad para que dentro de la estructura de la Facultad se puedan crear Unidades Básicas de gestión académico-administrativas cuyo objeto sea la extensión siempre y cuando demuestren su carácter multi o interdisciplinario o un trabajo continuado en extensión con resultados concretos.

### 3.2 REGLAMENTACIÓN DE LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN

En el año 2001 (mayo 21) el Consejo Superior Universitario con el Acuerdo 04 reglamenta la Función de Extensión en la Universidad Nacional de Colombia considerando que es necesario brindar apoyo a la formación de redes sociales y académicas, permitiendo de esta manera consolidar las relaciones entre la Universidad y el sector estatal, los sectores populares, las organizaciones sociales, los gremios y los sectores productivos, entre otros. Además de explicitar la definición mencionada al inicio de este capítulo, relaciona los siguientes principios orientadores:

- Contribución a la comprensión y solución de problemas nacionales.
- Aprendizaje e interacción de saberes.
- Responsabilidad social.
- Equidad.
- Solidaridad.
- Interacción e integración social.
- Integración académica e institucional.
- Pertinencia social y académica.
- Gestión Prospectiva y estratégica.
- Cooperación.
- Transparencia.

Adicionalmente organiza las diferentes clases de programas y proyectos de extensión, agrupándolos en las siguientes modalidades y prácticas principales:

- Educación no formal: cursos de educación continuada, cursos de extensión y cursos libres.
- Prestación de Servicios Académicos de extensión: Asesoría, Consultoría, Asistencia Técnica, Pruebas y Ensayos e Interventoría.
- Gestión Tecnológica.
- Gestión Social.
- Servicios docentes-asistenciales de Salud Humana y Animal, Jurídicos y de Psicología.
- Asesorías en el campo educativo para la organización y desarrollo de Programas Académicos.
- Prácticas universitarias: Pasantías en extensión, Prácticas curriculares de un semestre como mínimo.

- Seminarios, Eventos y Programas en medios de comunicación.
- Programas y Mega proyectos que articulen simultáneamente Extensión, Investigación y Formación.

En el Artículo 4 se brinda reconocimiento institucional a la extensión y se reconoce que quienes la promuevan y desarrollen participarán de los beneficios y estímulos que la Universidad establezca para tal fin. El Artículo 5 delimita la Estructura Organizativa a la cual le corresponde el desarrollo de la Función de Extensión, de la siguiente manera:

- El Comité Nacional de Extensión.
- Los Comités de Extensión de Sede.
- Los Comités que al interior de las Facultades cumplan con la Función de Extensión ciñéndose al Acuerdo 10 del 2000 del Consejo Superior universitario.
- La Secretaria del Comité Nacional de Extensión.

En los puntos anteriores se observa la participación de todos los niveles en la organización desde el Nacional hasta las Facultades.

3.2.1 Nivel Nacional Respecto al Comité Nacional de Extensión se dice que es el órgano de dirección, asesoría y apoyo perteneciente al nivel jerárquico superior, que tiene a su cargo la planeación, gestión, evaluación, seguimiento y regulación de la Función de Extensión; y que se debe reunir por lo menos una vez al año. Está integrado por:

- El Vicerrector Académico, quien lo preside;
- El Director Nacional de Investigación y Extensión (antiguamente denominado Director Nacional de Investigación), quien es el Secretario del Comité’;
- Los Directores o Coordinadores de extensión de las Sedes y los Directores de las Sedes en las cuales no existen Facultades;
- El Director de Unimedios (Agencia de Noticias de la Universidad Nacional de Colombia);
- El Director de la Oficina de Relaciones Interinstitucionales ORI;
- El Director de la Oficina Nacional de Planeación;
- Un representante de los Decanos nombrado por el Consejo Académico;
- Uno de los Representantes Profesorales ante el Consejo Académico;
- Uno de los Representantes Estudiantiles ante el mismo Consejo;
- Un representante de entidades externas de carácter público o privado.

Le asignan las siguientes funciones:

- Promover una política de Extensión que propenda por la articulación de esta con los diferentes programas de formación e investigación. Colocarla a consideración del Consejo Académico para que finalmente sea adoptada por el CSU (Consejo Superior Universitario) máximo órgano administrativo de la Universidad Nacional de Colombia.
- Asesorar en todo lo relacionado a políticas de extensión al CSU, al Consejo Académico, a la Rectoría y demás autoridades académicas de la Universidad que lo requieran.
- Preparar y formular los planes nacionales de extensión universitaria y de programas y proyectos intercedes, presentarlos al Consejo Académico procurando su aprobación, guardando total concordancia con el Plan Global de Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia.
- Orientar la evaluación global de la Función de Extensión y el seguimiento y evaluación de los proyectores de extensión intercedes y nacionales.
- Promover la participación de diferentes miembros de la comunidad académica y representantes de diferentes entidades.
- Velar por que el desarrollo de la Función de Extensión esté dentro de lo estipulado por el Acuerdo en cuestión.

Así mismo se detallan las funciones de la Secretaría Nacional del Comité Nacional de Extensión, así:

- Coordinar con todas las Sedes y demás instancias las actividades tendientes a la construcción del Sistema Nacional de Información de Extensión y las tareas relacionadas con el proceso de autoevaluación y el diseño de un sistema de indicadores de gestión para la Función de Extensión.
- Diseñar y mantener actualizado el Portafolio Institucional de Extensión.
- Elaborar informes anuales sobre el desarrollo de la Función de Extensión en la Universidad.
- Coordinar y promover la gestión institucional de la Universidad ante entidades nacionales e internacionales, para garantizar vínculos estables con los diferentes actores de la sociedad.
- Propender por la difusión y divulgación institucional de los desarrollos de la función y apoyar el desarrollo de estrategias comunicacionales que vincule a la Universidad con el entorno, en coordinación con Unimedios y Unibiblos (Editorial de la Universidad Nacional de Colombia).

3.2.2 Nivel de Sede El órgano a quien le corresponde la dirección, la asesoría y el apoyo a nivel de Sede para la planeación, gestión, evaluación y seguimiento de la extensión es el Comité de Extensión de Sede. Está integrado por:

- El Director Académico o quien haga sus veces, quien lo preside.
- El Director de extensión o quien haga sus veces.
- Los Representantes o Coordinadores de extensión en las Facultades, Institutos y Centros Interfacultades.
- El Director de Divulgación Académica y Cultural de la Sede o quien haga sus veces.
- El Jefe de Planeación de Sede, o quien haga sus veces.
- El Representante Profesoral ante el Consejo de Sede o uno de ellos cuando sean dos.
- El representante estudiantil ante el Consejo de Sede o uno de ellos cuando sean dos.
- Un Representante de Entidades externas de carácter público o privado, nombrado por el Vicerrector de sede.

Respecto a las funciones de los Comités de Extensión de Sede:

- Actuar en concordancia con las políticas institucionales establecidas en el nivel nacional, ejecutar y coordinar las acciones que de ellas se deriven y asesorar a los órganos de dirección de la Sede en materia de políticas de extensión.
- Proponer al Comité Nacional de Extensión iniciativas de gestión, de coordinación y de planeación de la Función de Extensión, y la ejecución de programas y proyectos de extensión universitaria intercedes.
- Coordinar y proponer ante el Consejo de Sede planes, programas y proyectos de extensión de Sede articulados con los planes y programas de investigación y formación a nivel nacional.
- Garantizar el desarrollo de acciones de regulación, contraste académico, seguimiento y evaluación de los planes, programas y proyectos y de la función global de extensión en la Sede.
- Promover la gestión institucional de la Universidad en la Sede ante entidades nacionales e internacionales, teniendo en cuenta la identificación de problemas, necesidades y oportunidades generadas en el orden local, regional y nacional.
- Definir criterios de cooperación entre las Facultades para el desarrollo de acciones de extensión.
- Promover la participación de otros miembros de la comunidad académica y de representante de entidades externas de carácter público y privado.
- Velar por que la función de extensión en la Sede se realice en el marco del Acuerdo mencionado inicialmente.

#### Funciones del Director de Extensión de la Sede:

- Apoyar a los Coordinadores de Extensión de las Facultades en el manejo y control general de programas, proyectos, convenios y actividades de extensión de las Facultades y coordinar aquellos que se adelanten en la Sede.
- Ofrecer y gestionar ante entidades públicas y privadas, y entre el medio académico y comunitario, las diversas áreas de trabajo de la Sede y conceptuar sobre propuestas ante el Comité de Extensión de Sede.
- Supervisar el desarrollo y al ejecución de los programas y proyectos de extensión de la Sede para que se ajusten a la normatividad vigente y para que se adecúen debidamente al Sistema Nacional de Información de Extensión y al Sistema Nacional de Información Financiera.
- Convocar las diferentes facultades para la realización de programas y proyectos Interfacultades e interdisciplinarios.
- Propender por que las propuestas, pliegos y licitaciones ante entidades públicas y privadas, en las que se encuentren comprometidas unidades académicas de diferentes facultades, se diligencien de manera unificada, evitando duplicidades.
- Representar a la Sede, por delegación del Vicerrector de Sede, ante aquellas instituciones externas con las cuales se tengan convenios o vínculos.
- Coordinar la elaboración de un informe anual sobre el desarrollo de la Función de Extensión, que será presentado ante el Consejo de Sede y el Comité Nacional de Extensión.
- Propender por la difusión y divulgación institucional de los desarrollos de la función y apoyar el desarrollo de estrategias comunicacionales y de gestión que vinculen la Sede con el entorno.

3.2.3 Nivel de Facultad Las Facultades contarán con un representante o coordinador de la Función de Extensión, quien será un delegado del Comité de Investigación y Extensión de la Facultad. El citado Comité asumirá las funciones de coordinación y consulta para la Función de Extensión, según lo dispuesto por el citado Acuerdo 10 de 2000. Las Facultades definirán, si así lo requieren, instancias de soporte para la gestión estratégica y prospectiva para la ejecución de los planes, programas y proyectos de extensión.. En las Sedes en las que haya dos o menos Facultades no existirá Comité de Extensión de Facultad. En estos casos, el Vicerrector de Sede nombrará un responsable de la coordinación de la Función de Extensión. Son funciones del Comité:

- Asesorar al Consejo de Facultad y al Decano en os asuntos relacionados con la Función de Extensión.
- Coordinar y promover el desarrollo de la Función de Extensión en el nivel de Facultad, de acuerdo con los lineamientos de política académica del nivel nacional, de Sede y de la misma Facultad, articulándolos con los programas de formación y de investigación.



- Elaborar y proponer al Consejo de facultad, el Plan Anual de extensión, de acuerdo con los planes nacionales y de sede.
- Propender por el desarrollo de las funciones de soporte administrativo de la Facultad para la extensión universitaria, con el propósito de facilitar las acciones de regulación, contraste académico, seguimiento, evaluación y gestión eficiente.
- Garantizar el desarrollo de mecanismos de seguimiento y evaluación de los programas, proyectos y planes en curso y presenta informes anuales al Comité de Extensión de la Sede.
- Promover la participación de otros miembros de la comunidad académica, así como de representantes de entidades externas de carácter público o privado, de acuerdo a las necesidades.
- Velar porque la Función de Extensión se realice en el marco del presente acuerdo.

Funciones del Coordinador y/o representante de extensión de Facultad:

- Apoyar a la comunidad académica de la Facultad en el manejo y control general de programas, proyectos, convenios y actividades de extensión de la misma.
- Ofrecer y gestionar ante entidades públicas y privadas, y entre el medio académico y comunitario, las diversas áreas de trabajo de la Facultad y evaluar las diferentes propuestas originadas por las mismas para conceptuar ante el Comité de Extensión de la Facultad.
- Coordinar la elaboración del Plan Anual de Extensión de la Facultad.
- Coordinar la presentación del informe anual sobre el desarrollo y el estado de la Extensión en la Facultad.
- Representar a la Facultad, por delegación del Decano, ante aquellas instituciones externas con las cuales se tengan convenios o vínculos.
- Supervisar el desarrollo y la ejecución de los programas y proyectos de extensión de la Facultad para que se ajusten a la normatividad vigente.
- Proponer, desarrollar y actualizar modelos de seguimiento de las problemáticas sociales, teniendo en cuenta la pertinencia académica y social, y los planes de desarrollo nacional, de sede y de facultad.

En el Artículo 15 se habla sobre la forma en que se financia la Función de extensión, es con los recursos que ella genera y con los provenientes de las apropiaciones del Presupuesto Nacional y otros recursos propios. La Universidad dispondrá de dichos recursos de acuerdo a las prioridades establecidas en los planes institucionales de desarrollo. A paso seguido se dejan claras las reglas sobre actividades y proyectos de extensión que deben ser cumplidas, salvo las actividades que están directamente ligadas a los programas curriculares, tales como las prácticas universitarias, los servicios docentes-asistenciales, y la participación de los profesores como ponentes en seminarios, congresos y eventos de similar naturaleza:

- Todo proyecto de extensión, antes de iniciar, requiere de la aceptación por parte de la instancia académica comprometida.
- Los proyectos deberán ser registrados en el Sistema Nacional de Información de extensión por las unidades que los formulen, en los formularios que para el efecto diseñe la Dirección Nacional de Investigación y Extensión.
- Los proyectos serán aprobados mediante Resolución por el Rector, los Vicerrectores y Directores de Sede, los decanos y los Directores de Centros e Institutos Interfacultades; según el nivel de que se trate.
- En las resoluciones aprobatorias se definirán los recursos de cada proyecto y su distribución, y serán de público conocimiento.
- Independientemente de la autoridad que suscriba el contrato, convenio u orden de trabajo, relacionados con un proyecto de extensión, la unidad académica que asume su ejecución será responsable de ella y asumirá los riesgos que implica.
- Cada proyecto tendrá un Director que será designado por la misma autoridad que lo aprueba, quien deberá pertenecer a la planta docente de carrera. Las funciones y responsabilidades del Director del proyecto son: Garantizar que el proyecto se desarrolle de acuerdo con los lineamientos legales establecidos. Velar por el cumplimiento de las obligaciones de los demás miembros del equipo que participa en el proyecto. Asumir las responsabilidades de orden administrativo a que haya lugar. Presentar el informe final de proyecto ante la máxima instancia de dirección, según sea el caso, el cual será requisito para el último pago de honorarios y bonificaciones.
- El equipo ejecutor del proyecto deberá estar integrado prioritariamente por miembros del personal académico, estudiantes de pregrado y posgrado y egresados de la Universidad. Los estudiantes de pregrado serán vinculados a estos proyectos en calidad de Auxiliares de Extensión, de tal manera que los recursos que perciban representan un apoyo o incentivo de la Universidad que no constituye ingreso salarial ni honorarios por la prestación de servicios.
- La participación de profesores en la formulación y ejecución de proyectos de una facultad, o centro o instituto Interfacultades distinto al de su pertenencia administrativa, deberá contar con el concepto previo del decano o del Director del centro o instituto Interfacultades, según sea el caso.
- El comité que cumpla la función de extensión en el respectivo nivel garantizará la evaluación de cada proyecto
- Según la naturaleza y características del proyecto, la autoridad que lo apruebe podrá organizar una actividad de interventoría de su desarrollo.
- Los resultados podrán ser publicados o divulgados mediante eventos académicos.
- Cuando el proyecto así lo exija, en la resolución aprobatoria se definirá la propiedad intelectual de los resultados de los proyectos.

Artículo adicional merece el régimen de los recursos correspondiente a los proyectos de extensión:

- Cada proyecto debe generar como mínimo para la Universidad el veinte por ciento (20%) del valor total del contrato, orden o convenio. Cualquier excepción sustentada en criterios académicos o de interés nacional deberá ser aprobada por el Consejo de Sede respectivo.
- Una suma equivalente a 11 puntos de los 20 porcentuales mínimos que corresponden a la Universidad, deberá transferirse al fondo especial del Nivel Nacional o al Fondo Especial de la Dirección Académica de las Sedes respectivas, según sea el caso.
- Tanto los recursos transferidos a los Fondos Especiales como los que corresponden al nivel que ha ejecutado el proyecto, se destinarán a actividades relacionadas con el fortalecimiento de las funciones propias de la institución y, en especial, a apoyar de manera complementaria la ejecución de los planes de desarrollo, el mejoramiento de los programas curriculares de pregrado y posgrado, de investigación y de extensión, así como a publicaciones, bienestar universitario, capacitación docente y administrativa, adquisición y mantenimiento de bienes y, en general, labores académico-administrativas.
- Podrán recibir estímulos por su participación en el respectivo proyecto, con cargo a los recursos del correspondiente contrato, orden o convenio, los miembros del personal académico, excepto quienes ejercen los cargos de: Rector, Vicerrector o Director de sede, Vicerrectores Nacionales, Secretario General, Gerentes o Directores de Unidades Especiales, Secretarios de sede, Decanos, Directores y Jefes de División del nivel nacional y de Sede. Los Directores de Centros e Institutos Interfacultades y los Directores de las Unidades Básicas de Gestión Académico-administrativas en ningún caso podrán recibir estímulos simultáneamente por más de dos proyectos, ni dirigir simultáneamente más de un proyecto.
- Los miembros del personal académico que participen en proyectos de extensión, podrán percibir estímulos económicos conforme a los valores estipulados para la celebración de los contratos, ordenes o convenios, hasta por un valor mensual igual a veinte (20) salarios mínimos legales mensuales vigentes, pero sin que el valor mensual promedio en cada año sea superior a quince (15) salarios mínimos legales mensuales vigentes. Si se participa en más de un proyecto, no se podrá percibir por concepto de estímulos en total por mes más de la suma límite indicada y en toso caso se observará la limitación del promedio mensual en el año igualmente establecida.
- Las dedicaciones horarias máximas por la participación de miembros del personal académico en proyectos de extensión son: Para personal académico de dedicación exclusiva, hasta 16 horas semanales. Para personal de tiempo completo, hasta 20 horas semanales. Para personal académico de medio tiempo y cátedra, hasta 40 horas semanales.

- A miembros del personal administrativo de la Universidad se les podrán asignar funciones dentro del desarrollo de los proyectos y actividades de extensión como parte de su labor, sin derecho a remuneración adicional.
- Las personas que participen en el proyecto y no sean miembros del personal académico, percibirán honorarios sin que la suma mensual pueda ser superior a veinte (20) salarios mínimos legales mensuales vigentes

Por último se autoriza al Rector para dictar las medidas reglamentarias, administrativas y presupuestales que sean indispensables para poner en ejecución lo dispuesto en el Acuerdo en cuestión.

### 3.3 NORMATIVIDAD EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

La siguiente norma que atañe a la Función de Extensión aparece en el año 2004 cuando se crea un nuevo órgano de alto nivel y se modifican algunos aspectos del Acuerdo 004 de 2001.

3.3.1 Años 2004 y 2005 El 24 de Agosto de 2004 el Consejo Superior Universitario<sup>153</sup> emite el Acuerdo 26 por medio del cual, en primera instancia, crea la Dirección Nacional de Extensión y Educación Continua, adscrita a la Vicerrectoría Académica. En segunda instancia modifica la Estructura Organizativa a la cual le corresponde el desarrollo de la Función de Extensión, quedando de la siguiente manera:

- El Comité Nacional de Extensión.
- Los Comités de Extensión de Sede.
- Los Comités que al interior de las Facultades cumplan con la Función de Extensión ciñéndose al Acuerdo 10 del 2000 del Consejo Superior Universitario.

En tercera instancia modifica la conformación del Comité Nacional de Extensión, quedando así:

- El Vicerrector Académico, quien lo preside.
- El Director Nacional de Investigación y Extensión, quien es el Secretario del Comité.
- El Director Nacional de Investigación.

---

<sup>153</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 026 de 2004. Por el cual se crea la Dirección Nacional de Extensión y Educación Continua. Bogotá, agosto 24 de 2004.

- El Director Nacional de Programas Curriculares.
- Los Directores o Coordinadores de extensión de las Sedes y los Directores de las Sedes en las cuales no existen Facultades.
- El Director de Unimedios.
- El Director de la Oficina de Relaciones Interinstitucionales ORI.
- El Director de la Oficina Nacional de Planeación.
- Un representante de los Decanos nombrado por el Consejo Académico.
- Uno de los Representantes Profesorales ante el Consejo Académico.
- Uno de los Representantes Estudiantiles ante el mismo Consejo.
- Un representante de entidades externas de carácter público o privado.

En cuarta instancia presenta las funciones del Director Nacional de Extensión y Educación Continua:

- Organizar el Sistema Nacional de Extensión y Educación Continua, con base en el Plan Global de Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia.
- Coordinar con todas las Sedes y demás instancias las actividades tendientes a la construcción del Sistema Nacional de Información de Extensión y las tareas relacionadas con el proceso de autoevaluación y el diseño de un sistema de indicadores de gestión para la Función de Extensión.
- Coordinar y promover la gestión institucional de la Universidad ante entidades nacionales e internacionales, para garantizar vínculos estables con los diferentes actores de la sociedad.
- Fomentar políticas orientadas a la articulación de la función de extensión y educación continua con los programas de formación e investigación al interior de la Universidad Nacional de Colombia.
- Estimular el desarrollo de la actividad de extensión mediante el fomento de la formación y consolidación de grupos de trabajo y de redes académicas inter-e intra-institucionales.
- Liderar los procesos de fortalecimiento y articulación integral de la Función de Extensión, de sus procesos y resultados, con las funciones de formación e investigación.
- Elaborar informes anuales sobre el desarrollo de la Función de Extensión en la Universidad.

En quinta instancia modifica quien debe diseñar los formularios para que los proyectos de extensión sean registrados en el Sistema Nacional de Información de Extensión: La Dirección Nacional de Extensión.

También en el año 2004 se define y se aprueba la apertura y desarrollo de programas de diplomado en la Universidad Nacional de Colombia, como parte de su oferta académica en

la Función de Extensión, por parte del Consejo Superior Universitario<sup>154</sup> (noviembre 23). En este documento se define un diplomado como un proceso de educación no formal, que tiene como propósito la profundización en temas específicos de las áreas de conocimiento o la actualización de la información sobre innovaciones en las mismas. Se estructura en unidades de enseñanza-aprendizaje a través de módulos o cursos organizados, sobre un tema específico y tiene suficiente duración y formalidad para garantizar la adquisición y suficiencia en conocimientos. La evaluación de los participantes se realizará sobre las capacidades y conocimientos adquiridos, otorgándose al final del programa un certificado de aprobación a las personas que superen los niveles mínimos de exigencia académica. Cuando el estudiante no cumpla con los requisitos académicos exigidos, sólo tendrá derecho al certificado de Asistencia, siempre y cuando asista por lo menos al 80% de las horas programadas en cada asignatura. Los programas de diplomado tendrán una duración mínima de 100 horas. Quienes adelanten programas de diplomado en la Universidad Nacional de Colombia no serán considerados estudiantes regulares de la misma sino participantes de programas de extensión. Y las asignaturas vistas nunca podrán ser homologadas en programas formales de pregrado o posgrado. Los Programas de Diplomado se formularán, aprobarán y ejecutarán como proyectos de extensión siguiendo las reglas del Acuerdo 004 de 2001 y respetando adicionalmente que la Dirección Nacional de Extensión deberá elaborar la reglamentación específica sobre la administración de los programas de diplomado, relacionada principalmente con los requisitos y procesos de admisión, permanencia y certificación, así como los pasos que deberán seguir para la planeación, registro, diseño, sustentación, presentación, control y evaluación del mismo. La distribución de los recursos generados por los programas de diplomado, se deberá ceñir a lo estipulado en el Acuerdo 004 ya mencionado.

El Consejo Superior Universitario<sup>155</sup> en el año 2005 (marzo 12) y con el Acuerdo 11, adopta el Estatuto General de la Universidad Nacional de Colombia en desarrollo del principio constitucional de autonomía universitaria consagrado en la Constitución Política. En este Acuerdo se dice que la Universidad nacional de Colombia cumple, en nombre del Estado, funciones no administrativas orientadas a promover el desarrollo de la educación superior hasta sus más altos niveles, fomentar el acceso a ella y desarrollar la docencia, la investigación, las ciencias, la creación artística y la extensión, para alcanzar la excelencia. La Universidad tiene capacidad para regular con independencia los programas académicos de formación, investigación y extensión, circunstancia dada y reconocida por el principio

---

<sup>154</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 037 de 2004. Por el cual se define y se aprueba la apertura y desarrollo de programas de diplomado en la Universidad Nacional de Colombia, como parte de su oferta académica en la Función de Extensión. Bogotá, noviembre 23 de 2004.

<sup>155</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 011 de 2005. Por el cual se adopta el Estatuto General de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, marzo 12 de 2005.

de autonomía el cual la rige. Al CSU se le asigna como una de sus funciones el establecer y supervisar sistemas de evaluación de los programas curriculares, de investigación y de extensión. Para el Comité de Vicerrectores se establece como algunas de sus funciones las siguientes: Proponer y establecer las acciones y actividades que contribuyan al cumplimiento de los programas, proyectos y actividades académicas, científicas y de extensión en todas las dependencias de la Universidad y adicionalmente el valorar periódicamente los resultados de la gestión académica, científica y de los servicios de extensión en las diferentes sedes. Este Acuerdo en su Capítulo VI hace referencia a que la Facultad es una estructura básica de organización de la Universidad, que agrupa profesiones o disciplinas afines o complementarias. Será la encargada de administrar los programas curriculares de pregrado y posgrado, de investigación, de extensión y de creación artística. Refiere como algunas de las funciones del Decano el velar por el cumplimiento de los objetivos de los programas de investigación y extensión y orientar las acciones de la Facultad promoviendo la integración de la docencia, la investigación, la extensión, la interdisciplinariedad y los altos niveles de calidad en las actividades misionales de la Universidad. Adicionalmente refiere como una de las funciones del Vicedecano el dirigir, de acuerdo con las orientaciones del Decano, las actividades de docencia, investigación, extensión, evaluación y gestión de la facultad. Adicionalmente se establece que las Unidades Académicas Básicas al interior de las Facultades son los Departamentos, Institutos y Centros; y que la función principal de estos últimos es la de gestionar, coordinar y promover la actividad de extensión, ya sea disciplinaria o interdisciplinaria de la Facultad. Adicionalmente se permite la creación de Centros de Sede por el CSU y tendrán como objeto principal la extensión.

En el año 2005 (agosto 30) el Consejo Superior Universitario<sup>156</sup> estructura la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad teniendo en cuenta que se requiere rediseñar la estructura organizacional relacionada con sus funciones misionales de investigación y extensión. La Dirección Nacional de Extensión y Educación Continua pasa a formar parte de esta Vicerrectoría. Dentro de las funciones que tienen relación con la extensión, están:

- Impulsar actividades que articulen de manera efectiva las labores de docencia con las de investigación y extensión, asegurando la participación activa de todos los actores involucrados.
- Empezar acciones que permitan la consecución y administración de recursos para la financiación de las actividades de investigación y extensión que se adelantan en la Universidad Nacional de Colombia.
- Implementar mecanismos de participación en redes tanto nacionales como internacionales, que permitan el fomento de la investigación y la extensión.

---

<sup>156</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 032 de 2005. Por el cual se estructura la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia y se establecen sus funciones. Bogotá, agosto 30 de 2005.

- Orientar políticas institucionales que le den continuidad y visibilidad a la actividad universitaria de extensión, dentro y fuera de la Universidad, como expresión de un proyecto académico integral que busca la articulación de la docencia, investigación y extensión universitaria.
- Orientar los lineamientos y políticas de investigación y de extensión de la Universidad Nacional de Colombia en el contexto nacional y mundial.
- Presentar, para su aprobación, al Consejo Superior Universitario y al Consejo Académico los lineamientos y políticas de investigación y extensión de la Universidad.
- Presentar al Consejo Académico y a la Rectoría los programas y proyectos de investigación y extensión a ser incluidos en el Plan Global de Desarrollo y velar por su cumplimiento y ejecución.

Adicionalmente modifica la conformación del Comité Nacional de Extensión, quedando así:

- El Vicerrector de Investigación, quién lo preside.
- El Director Nacional de Extensión y Educación Continua, quién actuará como Secretario del Comité.
- El Director Nacional de Programas Curriculares.
- Los directores o coordinadores de extensión de las Sedes y los Directores de las Sedes donde no existan Facultades.
- El Director Nacional de Unimedios.
- El Director de la Oficina de Relaciones Interinstitucionales ORI.
- El Director de la Oficina Nacional de Planeación.
- Un representante de los decanos, nombrado por el Consejo Académico.
- Uno de los representantes profesoriales ante el Consejo Académico.
- Uno de los representantes estudiantiles ante el Consejo Académico.
- Un representante de entidades externas de carácter público o privado, quien será nombrado por el Rector, y que preferencialmente deberá ser egresado de la Universidad Nacional de Colombia.

3.3.2 Años 2006, 2007 y 2008 El Consejo Superior Universitario<sup>157</sup>, mediante el Acuerdo 76 de 2006 (diciembre 12) aprueba el Plan Global de Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia para el periodo 2007 – 2009. Este documento es referenciado en el siguiente numeral. En el año 2007 no existió ninguna normatividad referente a extensión ni tampoco en lo que va recorrido del año 2008.

---

<sup>157</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 076 de 2006. Por el cual se aprueba el Plan Global de Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia para el periodo 2007 – 2009. Bogotá, diciembre 12 de 2006.



### 3.4 PLANES GLOBALES DE DESARROLLO

A lo largo de los años la Universidad Nacional de Colombia ha trabajado, creado y publicado sus Planes Globales de Desarrollo, cumpliendo con las normas vigentes para la Educación Superior y los Regímenes Orgánicos de la Universidad Nacional de Colombia; dentro de ellos se ha hecho referencia a la extensión en diferentes aspectos y pretendiendo alcanzar objetivos mediante propuestas de desarrollo. Su presentación obedece a su forma de publicación así: años 1995-1998 (noviembre 2004), años 1999-2003 (julio 1999), años 2004-2006 (julio 2004) y años 2007-2009 (diciembre 2006).

3.4.1 Plan de Desarrollo Universidad<sup>158</sup> nacional de Colombia 1995 – 1998 En este documento se considera que el Plan de Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia debe ser un instrumento que materializa su responsabilidad social frente al Estado, la Sociedad Civil y la Nación. Por esto no solo se acoge la normatividad vigente sino que adicionalmente se pretende imprimir un carácter de flexibilidad y ajuste permanente, para que sus objetivos y metas tengan la virtud de corresponder a su propia dinámica y a la evaluación y monitoreo que la Universidad ejerza. En su momento, se consideró que este Plan dotaba a la Universidad de un instrumento que permitiera consolidar el proceso de modernización, el desarrollo integral de las funciones de docencia, investigación y extensión y estimular la evolución de las actitudes como condición necesaria para la renovación y la transformación institucional. Como uno de los resultados que se esperaba obtener de este Plan de Desarrollo estaba el reconceptualizar y reorientar las acciones de extensión hacia una mejor integración e interacción con la sociedad. Se estableció, referente a la extensión, dentro de los Compromisos y Estrategias:

- Con el desarrollo de la educación superior: definición de temas de interés nacional con los que la Universidad se debería sentir comprometida, para lo cual destinaría recursos humanos y financieros. La Universidad contaba como instrumento para el desarrollo de este objetivo con las líneas de profundización aprobadas en los 76 programas de pregrado, en las que se haría posible una interrelación eficaz entre la docencia, la investigación y la extensión en el marco de las características regionales.
- Con el desarrollo nacional: incorporación de los conceptos de interacción e integración para redefinir la función de extensión, a fin de superar la concepción que situaría a la Universidad como dueña del saber y a la sociedad como el lugar donde se aplica o proyecta su conocimiento.
- Con su desarrollo institucional: respecto a la modernización administrativa, flexibilización de la estructura organizativa de la Universidad con el objeto de crear

---

<sup>158</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Oficina de Planeación. Plan de desarrollo 1995 – 1998. Santafé de Bogotá, noviembre de 1994.

condiciones que permitieran cumplir con eficiencia las funciones de educación, docencia, investigación y extensión; evaluación de gestión mediante la construcción, validación y aplicación de indicadores cuantitativos y cualitativos, capaces de reflejar la complejidad de las funciones académicas de docencia, investigación y extensión.

Dentro de las políticas, mereció un capítulo especial la Función de Extensión: esta debería buscar las relaciones con otros ámbitos académicos, con el sector productivo y con los movimientos sociales. La Universidad debería asumir la necesidad de re significar el concepto de extensión, de modo que sea posible el reconocer el entorno como una fuente de oportunidades de construcción de conocimiento, antes que como un beneficiario de saberes contruidos exclusivamente en el ámbito académico. En consecuencia con los anteriores postulados se dispondrían mecanismos, recursos y estructuras institucionales necesarios para establecer una condición de equilibrio e interacción permanente entre las funciones universitarias. Se propuso como meta de la Función de Extensión la formulación de programas universitarios que articulando la docencia, la investigación y la extensión, privilegien el trabajo en áreas identificadas como prioritarias para el país: Paz y convivencia ciudadana; Cultura, diversidad e identidad nacional; Región territorio y planificación; Calidad de vida, medio ambiente y salud; Producción agroalimentaria y recursos naturales y genéticos; Economía y sociedad.

3.4.2 Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 1999 – 2003 COMPROMISO ACADÉMICO Y SOCIAL CON LA NACIÓN COLOMBIANA. Como se encuentra escrito en la publicación de este Plan Global de Desarrollo, la Universidad Nacional de Colombia<sup>159</sup>, consideró que este Plan debería pretender concretar la Misión de la Universidad, definida genéricamente en el Decreto 1210 de 1993 para, de esta manera, contribuir a dar sentido a su gestión, facilitar su organización, y posibilitar que toda la comunidad universitaria se movilice en torno de propósitos comunes. Este Plan giró alrededor de cinco estrategias, que fueron el resultado de un diagnóstico sobre la situación y los retos que la Universidad afrontaba en esos momentos y de la construcción de políticas alrededor de sus funciones centrales: formación, investigación y extensión.

Tales Estrategias fueron:

- Presencia Nacional.
- Internacionalización.
- Calidad y Pertinencia.
- Gestión eficiente.

---

<sup>159</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Plan Global de desarrollo Universidad Nacional de Colombia 1999 – 2003. Santafé de Bogotá, julio de 1999.

➤ Equidad y Convivencia.

Estas estrategias respondían a un objetivo central y a objetivos específicos que trataron de concretar la Misión de la Universidad a través de programas y subprogramas.

En el aparte en el cual se habla sobre la especificidad de la Universidad Nacional de Colombia se hace referencia a que uno de los principales rasgos es que la Universidad define con plena independencia sus programas de estudio, investigación y extensión, así como todos sus requisitos. Teniendo en cuenta que en este documento del Plan se consideró que el carácter nacional de la Universidad hace relación a la posibilidad de tener el mayor grado de incidencia académica en todo el territorio nacional, entonces el reto en ese momento consistió en fortalecer y desarrollar en las nuevas sedes (Arauca, San Andrés y Leticia), sistemas alternativos de docencia, investigación y extensión; consolidar la vinculación de estos centros a las comunidades y administraciones regionales y locales y a las redes nacionales e internacionales de conocimiento, y renovar la convocatoria de estudiantes, investigadores y académicos alrededor de este proyecto. De la misma manera se hizo énfasis en una formación centrada en un núcleo fundamental de saberes disciplinarios, de tal manera que la Universidad tuviese como propósitos centrales: acrecentar el conocimiento a través de la investigación, transmitir el saber a través de la enseñanza e interactuar con el país a través de la extensión. Se reconoció que las exigencias de la academia en ese momento en el mundo y la necesidad de enfrentar los problemas del país, exigían contrarrestar las tendencias hacia la fragmentación entre saberes y disciplinas, entre las funciones básicas (formación, investigación y extensión), entre lo académico y lo administrativo, entre otros aspectos; dejando claro que un elemento central de la reforma académica de 1990 fue la integración entre formación, investigación y extensión. A manera de diagnóstico para la Universidad pública en Colombia se dijo que la mayor parte de los docentes se concentraba exclusivamente en los pregrados, sin desarrollar líneas de investigación; los nexos entre formación, investigación y extensión eran en ese momento incipientes, y había poco desarrollo del trabajo interdisciplinario. Adicionalmente se afirma en el citado documento que la extensión en la Universidad Nacional de Colombia no contaba en ese momento con una organización institucional homogénea, que le permitiera articular de una manera coherente sus resultados al desarrollo de las funciones de formación e investigación. El amplio espectro de definiciones, formas y organizaciones evidenciaron la ausencia de un marco, es decir de una política, que les dé una unidad de sentido. Al abordar la extensión como meras actividades sin proyectos y programas claros, la proyección social de la Universidad se diluye. De tal manera que la política de extensión debería precisar cómo y en qué campos la Universidad se compromete con el desarrollo y la democratización del país. Lo que implicaba, en primera instancia, definir un concepto homogéneo de extensión que supere la diversidad de definiciones que en ese momento circulaban al interior de la Universidad.

Se detalla como uno de los objetivos específicos de la Universidad el garantizar el establecimiento de vínculos significativos con la comunidad nacional y con las instituciones públicas y privadas, a través de acciones académicas de extensión que articulen positivamente los resultados de la formación y de la investigación y que recíprocamente enriquezcan estas dimensiones del quehacer universitario. Dentro de la estrategia propuesta de Calidad y pertinencia Académica, enunciada anteriormente, el programa 3. trató del desarrollo de la extensión presentando dos subprogramas: Apoyo y seguimiento a la gestión de la extensión y Sistema de Redes de Extensión. Fueron acciones del primer subprograma:

- Definir la estructura organizativa y funcional de la extensión.
- Evaluar las actividades de extensión en función de su pertinencia, relevancia e integralidad académica.
- Elaborar propuestas de organización orientadas a especificar la estructura de dirección, apoyo y gestión de la extensión en la Universidad, que articule las diferentes actividades que se realizan.

Y para el segundo subprograma se enunció que es necesario el adelantar un proceso organizativo ágil y flexible, determinado por la construcción de redes entre pares académicos al interior de la Universidad, que fuesen de fácil visualización por parte de los actores externos. Este proceso debería pasar por la construcción de un sistema de información, que contuviese los desarrollos de la extensión y de los equipos que la llevan a cabo.

3.4.3 Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 2004 – 2006 Este Plan Global de Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia<sup>160</sup>, presentado por el señor Rector buscó impulsar una política de innovación institucional de largo alcance en la Universidad Nacional de Colombia, que le permitiera acreditar su posición de vanguardia en la educación superior colombiana y consolidar su marco de actuación para los próximos dos decenios, mediante un paso resuelto a la investigación avanzada sin abandonar los elementos positivos, pertinentes y vigentes de la universidad profesional. Para hacer realidad estos trazados planteó abordar estratégicamente cinco directrices de actuación:

- La redefinición de la presencia nacional.
- La ampliación de cobertura real en equilibrio con la calidad de la educación.
- La búsqueda de una mayor flexibilidad académica y administrativa.
- La calidad del espacio universitario y de su infraestructura de soporte.

---

<sup>160</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 2004 – 2006. Bogotá, julio 16 de 2004.

- La garantía de un ambiente que facilite la adaptación del cambio académico propuesto.

Respecto a la primera directriz se propuso que la Universidad orientara su esfuerzo básicamente en cuatro direcciones, la segunda de ellas hacia referencia al diseño de un sistema general de extensión y educación continua derivado de una política integral que permitiera racionalizar la función y garantizar el efecto de sus resultados en el país. Adicionalmente se estableció que la oferta que podría brindar la Universidad en sus sedes a nivel de formación se vería fuertemente alimentada por su labor de extensión y por el desarrollo investigativo a nivel integral. Para concretar un plan que permitiera impulsar decididamente la presencia nacional que la Universidad pudiese ejercer en el territorio, con el objeto de contribuir a elevar el nivel de la educación superior colombiana y su impacto en la realidad del país; se definieron tres programas. El segundo programa apuntó a revisar la labor de extensión de la Universidad, para orientarla de acuerdo con su naturaleza y sentido académico y organizar un sistema nacional eficiente que le permitiese coordinarse integralmente, concentrar esfuerzos y garantizar un verdadero soporte para el desarrollo y resultado óptimo de sus proyectos e iniciativas. Adicionalmente se especificó la necesidad de superar varios aspectos que en ese momento se consideró que entorpecían su desarrollo, como por ejemplo la falta de una gestión estratégica y prospectiva de la función que permitiese articularla integralmente con los procesos de formación e investigación, y establecer nexos permanentes con los diferentes sectores públicos y privados y con la comunidad. De acuerdo con todo lo anterior se planteó el diseño, puesta en marcha, automatización y desarrollo del Sistema Nacional de Extensión, de manera que la labor de las sedes se vincule sin obstaculizar el alcance particular que le generan sus caracteres específicos, mediante los siguientes proyectos:

- Diseño, implantación y desarrollo del Sistema Nacional de Información de Extensión para la Universidad Nacional de Colombia, SINEX: sistema único de información de extensión, confiable, eficiente y oportuno, a través del cual se estructurarían los procesos de gestión propios de la función y se registraría, administraría y actualizaría la información de la extensión universitaria.
- Diseño del modelo general de gestión para la función de extensión: el objetivo sería el de diseñar un modelo flexible de gestión de la extensión que sustentaría el sistema y permitiría garantizar el seguimiento sobre el desarrollo de la educación continua y de los proyectos en sus diferentes modalidades, su calidad, resultado e impacto. Se considerarían los siguientes aspectos para su puesta en marcha: Políticas generales para el desarrollo de la función, estructura organizativa, seguimiento, aseguramiento de la calidad, difusión de las actividades, medición del impacto social de la función.
- Fortalecimiento a redes académicas y sociales de extensión sobre problemáticas estratégicas: Su objetivo sería el fortalecer el desarrollo de una gestión proactiva y estratégica de la función de extensión en la Universidad Nacional de Colombia que

permitiera consolidar la integración con el sector estatal, los sectores sociales, los gremios y la comunidad científica nacional e internacional.

- Fortalecimiento de las sedes de presencia nacional.

3.4.4 Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia<sup>161</sup> 2007 – 2009 POR UNA UNIVERSIDAD MODERNA ABIERTA Y PARTICIPATIVA. La visión que se presenta en este documento pretende dar inicio al esfuerzo de delinear los contornos de un pacto para mantener la vigencia y proyección de la Universidad Nacional de Colombia, apoyándose en su rico patrimonio y construyéndose alrededor de cinco principios fundamentales; el segundo de ellos es: El fortalecimiento de la Universidad en sus tres dimensiones misionales: formación, investigación y extensión.

Este Plan de Desarrollo se realizó caracterizando la extensión por la heterogeneidad en los campos de realización, los cuales se concretan en aplicación y transferencia de conocimiento, formación y capacitación de la comunidad, difusión y circulación a la sociedad del conocimiento científico, tecnológico, artístico y humanístico. Adicionalmente se reconoce que a partir de 1999 se ha venido realizando un proceso de autoevaluación de la función de extensión con el propósito de diseñar e implementar políticas, estructuras, recursos y dinámicas que hagan de ésta una actividad capaz de sostener vínculos permanentes con los sectores productivo, solidario, gubernamental y de la sociedad civil, fortaleciendo las alianzas Universidad-Empresa, Universidad-Estado y Universidad-Sectores Sociales, garantizando su sostenibilidad; pero que a la fecha de publicación del Plan de Desarrollo aún era poco el camino realmente recorrido en esto. De tal manera que entonces dos propósitos fundamentales tendrá la Extensión: en primer lugar, orientar la función por programas de carácter interdisciplinario y transdisciplinario a través de programas de transferencia tecnológica así como el desarrollo en el plano conceptual, encaminados en principio a la investigación aplicada; con el fin de dinamizar los sectores de Colombia se pretende vincular de este modo todos los desarrollos generados por los grupos de investigación. El concepto de pertinencia que subyace a la idea de investigación no debe estar ligado únicamente a las necesidades del sector productivo o a las demandas externas sino en un sentido más amplio que implica lo humanístico y lo ético. Así pues, estos programas se articularán con las redes de investigación y creación artística, serán formulados con el concurso de sectores relacionados con los problemas nacionales y con la responsabilidad ética de construir a largo plazo Universidad Pública de Estado. En segundo lugar, se pretende crear un Sistema Nacional de Extensión de la Universidad con el fin de proyectarse con mayor eficacia y excelencia a la sociedad colombiana, dando respuesta a los nuevos retos que la Universidad debe enfrentar. Adicionalmente se propone que para afianzar el carácter investigativo y el desarrollo de las actividades de extensión en la Universidad será necesario consolidar un sistema nacional basado en los siguientes

---

<sup>161</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Departamento Nacional de Planeación. Plan Global de Desarrollo 2007 – 2009. Bogotá, diciembre 12 de 2006.

elementos estratégicos: **Desarrollo y gestión de la investigación y la creación artística:** se fortalecerán las múltiples formas a través de las cuales los docentes de la Universidad se organizan para su implementación. Con el fin de mejorar las condiciones para el trabajo investigativo y artístico se evaluarán el marco normativo, los procesos administrativos, los mecanismos de financiación y evaluación con base en un sistema de indicadores para el seguimiento y control de logros. **Internacionalización del conocimiento:** se apoyarán los procesos de movilidad nacionales e internacionales en doble vía, para lo cual se promoverá la coordinación entre la Vicerrectoría Académica, Vicerrectoría de Investigación, las direcciones de Investigación y la Oficina de Relaciones Internacionales e Interinstitucionales (ORI). En el interés de consolidar la presencia de la Universidad en los ámbitos académicos nacionales e internacionales se desarrollará una política de difusión de los productos de investigación y de la producción académica de los docentes, fortaleciendo las publicaciones institucionales, los medios de comunicación de la Universidad y la creación de un sello editorial. **Alianzas estratégicas:** se promoverán las alianzas Universidad-Estado-sociedad- empresa. Con ellos se pretende fortalecer la investigación y extensión de las distintas unidades académicas básicas. En ese mismo sentido, se impulsará la creación de corredores tecnológicos regionales que permitan gestionar y estimular los polos de desarrollo tecnológico, basados en el flujo de conocimientos e innovación tecnológica. Estos espacios deberán servir también para la vinculación efectiva de los estudiantes como parte de su proceso de formación académica y del desarrollo de habilidades investigativas.

### 3.5 ANÁLISIS DE LA EVOLUCION DE LA EXTENSIÓN

El Régimen Orgánico de la Universidad Nacional de Colombia es el derrotero del devenir de todas las actuaciones de la Universidad, y que como ya se señaló anteriormente, en cuanto a extensión la primera mención se hace en el año 1980.

Analizando la Tabla 1. Consolidado de normatividad sobre Extensión, se puede llegar a establecer que en el año 1980 se realiza la inicial reglamentación sobre la prestación de Servicios de Asesoría, suministrando a la Universidad el primer marco legal dentro del cual desarrollar este tipo de actividades definiendo a las Facultades (lugar donde están adscritos los profesores) como el lugar donde se realizan y aprueban los planes y al Consejo Académico donde se aprueban las políticas. Reglamentación que en el año 1982 se aclara respecto a su forma de aplicación y que finalmente es derogada en el año 1985 para dar paso a la definición y desarrollo de un concepto más integral que es el de Servicios de Asesoría y Extensión, ampliando así el marco legal proveído cinco años atrás. Pero que solo tiene vigencia durante seis meses puesto que en el año siguiente aparece una nueva reglamentación respecto a la prestación de Servicios de Asesoría y Desarrollo de Programas de Extensión, aclarando aún más en las reglas bajo las cuales los docentes de la Universidad se pueden dedicar a la extensión. Esta reglamentación se mantuvo vigente por 7 años; durante estos siete años solo se concibe adicionalmente, en el año 1987, un acuerdo para reglamentar los Programas de Educación Continuada, ampliando el abanico de posibilidades de extensión.

Tabla 1. Consolidado de normatividad sobre Extensión

**Años 80**

1980	
Enero	Decreto Ley 82
REGIMEN ORGÁNICO UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	
FIN Universidad Nacional de Colombia servicios de asesoría y desarrollo de programas de extensión universitaria.	
Consejo Académico: revisar y aprobar políticas de asesoría y extensión.	
Facultades: planeación y programación de asesorías y extensión. Org y Desarrollo.	
Consejo Directivo: aprueba planes de asesorías y extensión.	

Mayo	Acuerdo 56
Derogado en 1985	
REGLAMENTA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ASESORÍA	
Definición de Servicios de Asesoría o Extensión.	
Propuesta por escrito con contenidos mínimos.	
Consejos Directivos asesorados por Comité de Directores de Departamento para estos asuntos.	
Como se deben determinar las bonificaciones para los docentes.	
Distribución obligatoria del 40 % (al nivel central) del producto neto de los servicios.	
Se puede descargar al docente de hasta el 100% de su labor académica.	
Septiembre	Acuerdo 124
ESTATUTO GENERAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	
Idéntico al Régimen Orgánico Universidad Nacional de Colombia	
Adicionalmente:	
Comité de Decanos: absolver consultas sobre extensión.	
Facultades: Departamentos: difundir resultados de extensión.	
Facultades: Director de Departamento: responder ante el Decano y Consejo Directivo por la buena marcha del plan de asesorías y extensión.	

1982	
Mayo	Acuerdo 75
Derogado en 1985	
ACLARA APLICACIÓN DEL ACUERDO 56 DE 1980 (MAYO)	
Aclara como se deben determinar las bonificaciones para los docentes.	
BONIFICACIÓN= honorarios - 100% salario en descarga total.	
BONIFICACIÓN= honorarios - % salario en descarga parcial, proporcional al número de horas de descarga.	



1985	
Octubre	Acuerdo 89
Derogado en 1986	
Modifica Acuerdos 56/80 y 75/82	
Define servicios de asesoría y extensión.	
Coloca topes máximos de dedicación de horas y de percepción de dinero por parte de los docentes, según dedicación.	
Los docentes con este tipo de actividades siempre deben tener actividades docentes.	
Existirán bonificaciones siempre y cuando el servicio genere ingresos a la Universidad Nacional de Colombia	

1986	
Abril	Acuerdo 27
Derogado en 1993	
REGLAMENTA PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ASESORIA Y EL DESARROLLO DE PROGRAMAS DE EXTENSIÓN	
Ratifica la solicitud por escrito y lo que debe contener.	
Ratifica topes máximos en horas.	
Modifica topes máximos en dinero: bonificaciones.	
De los ingresos brutos de cada servicio se debe transferir el 10% a la Vicerrectoría Académica.	
Ratifica que los profesores deben tener también carga académica	

1987	
Septiembre	Acuerdo 68
Derogado en 1993	
REGLAMENTA PROGRAMAS DE EDUCACIÓN CONTINUADA	
Objetivo: actualización de profesionales.	
Consejo Directivo: autoriza plan anual; aprueba actividades, número de participantes, presupuesto y coordinador de cada actividad.	
Decano: ejecuta presupuesto.	
Vice Decano: fomenta eventos y los presenta al Consejo Directivo.	
Coordinador de curso o actividad: coordina todo lo referente a la actividad.	
Manejo presupuestal: se debe seguir lo indicado en el Acuerdo 27 de 1986.	

## Años 90

1992	
Diciembre	Ley 30
ORGANIZA EL SERVICIO PÚBLICO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR	
Extensión y autonomía en el sentido de definir y organizar.	
Consejo Académico: decide sobre desarrollo de la extensión.	
Define extensión como programas de educación permanente, cursos, seminarios y actividades de servicios para el bienestar general.	

1993	
Abril	Acuerdo 21
Derogado en 2001	
REGLAMENTA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS REMUNERADOS	
Definición: es todo aquello que genera ingresos a la Universidad Nacional de Colombia	
Entre ellos: consultorías, asesorías, cursos de educación continuada y en general servicios académicos con autorización de alguna de las Vicerrectorías, Oficinas de Extensión, Facultades, Centros de Investigación Interfacultades. Delimita el cálculo financiero de los servicios puesto que se debe garantizar su rentabilidad.	

Junio	Decreto 1210
REESTRUCTURACIÓN RÉGIMEN ORGANICO UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	
Extensión es un fin de la Universidad.	
Se pueden crear Fondos de Manejo Especial para administrar los recursos generados por extensión.	
Función del Consejo Superior Universitario el establecer y supervisar sistemas de evaluación institucional en cuanto a la extensión.	
Consejo Académico: emitir concepto sobre desarrollo de programas de extensión.	
Facultad: administrar programas de extensión. Crea estímulos y distinciones académicas para el personal que participe en la prestación de Servicios Académicos Remunerados.	

Agosto	Acuerdo 48
Derogado en 2001	
REGLAMENTA LOS PROCEDIMIENTOS Y ESTÍMULOS PARA LA PARTICIPACIÓN DEL PERSONAL ACADÉMICO EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS REMUNERADOS	
Las Vicerrectorías o las Facultades deben aprobar la programación.	
Dependiendo el monto debe ser aprobado también por la Oficina Jurídica y la de Planeación.	
El 11% de los ingresos brutos de cada programa deben ser girados a la correspondiente Vicerrectoría de Sede.	

PLAN DE DESARROLLO 1995 - 1998	
1995 -1996-1997-1998	
No hay reglamentación.	

<b>PLAN DE DESARROLLO 1999 - 2003</b>	
1999	
Mayo	Acuerdo 13
ESTATUTO GENERAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	
Consejo Superior Universitario: Establecer y desarrollar sistemas de evaluación de los programas de Extensión.	
Unidades Básicas de Gestión de la Facultad: pueden dirigir programas de extensión.	
Centros Interfacultades: su principal objetivo es la extensión.	

<b>PLAN DE DESARROLLO 1999 - 2003</b>	
2000	
Septiembre	Acuerdo 10
CREACIÓN DEL COMITÉ DE INVESTIGACIONES Y EXTENSIÓN EN LAS FACULTADES	
Al interior de las Facultades se puede crear este Comité, incluso si la Facultad así lo estima puede crear un Comité de Investigaciones y otro de Extensión.	
El Decano tiene también una Unidad de Apoyo a la Gestión.	
El Departamento o la Escuela al interior de la Facultad deben administrar y desarrollar la extensión.	
Al interior de la Facultad se puede crear Unidad Básica de Gestión Académico- Administrativa cuyo objetivo es la Extensión.	

<b>PLAN DE DESARROLLO 1999 - 2003</b>	
2001	
Mayo	Acuerdo 004
REGLAMENTA LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	
Define la Función de Extensión.	
Da principios orientadores.	
Agrupa a los programas y proyectos de extensión en modalidades y principales prácticas.	
Reconocimiento institucional a la Extensión con beneficios y estímulos a los docentes.	
Creación del Comité Nacional de Extensión.	
Creación de Comités de Extensión de Sede.	
Estructura organizacional desde los más altos niveles, con funciones para cada uno de los Comités.	
Financiación de la Función de Extensión con recursos que ella misma genere.	
Creación del Sistema Nacional de Información de Extensión: todos los proyectos deben ser registrados en el.	
Se debe girar de cada proyecto, por lo menos el 20% del valor total a la Universidad.	
Topes máximos percibidos por el personal académico en términos de Salarios Mínimos Mensuales Legales Vigentes.	
Topes máximos en horas de dedicación de los docentes.	

<b>PLAN DE DESARROLLO 1999 - 2003</b>	
2002-2003	
No hay reglamentación.	

<b>PLAN DE DESARROLLO 2004 - 2006</b>	
2004	
Agosto	Acuerdo 26
CREACIÓN DE LA DIRECCIÓN NACIONAL DE EXTENSIÓN Y EDUCACIÓN CONTINUA	
Modifica la estructura organizacional para el desarrollo de la Función de Extensión.	
Modifica conformación del Comité Nacional de Extensión y sus funciones.	

Noviembre	Acuerdo 37
APRUEBA LA APERTURA Y DESARROLLO DE PROGRAMAS DE DIPLOMADO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	
Haciendo parte de la Función de Extensión.	
Definición de diplomado: educación no formal.	
Se apegará al Acuerdo 004/01.	
La Dirección Nacional de Extensión deberá reglamentar específicamente.	

<b>PLAN DE DESARROLLO 2004 - 2006</b>	
2005	
Marzo	Acuerdo 11
ESTATUTO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	
Consejo Superior Universitario: estructurar y supervisar sistemas de evaluación de los programas de extensión.	
Comité de Vicerrectores: proponer y establecer las acciones y actividades de extensión.	
Facultades: administrar programas de extensión.	
Decanatura: velar por el cumplimiento de los objetivos de los programas de extensión.	
Vicedecano: dirigir actividades de extensión.	
Departamentos o Escuelas: gestionar, coordinar y promover las actividades de extensión.	

Agosto	Acuerdo 32
ESTRUCTURACIÓN DE LA VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES	
La Dirección Nacional de Extensión pasa a depender de esta Vicerrectoría.	
Cambios a nivel organizacional propiciados por esta circunstancia	

<b>PLAN DE DESARROLLO      2004 - 2006</b>
2006
No hay reglamentación.

<b>PLAN DE DESARROLLO      2007 - 2009</b>
2007-2008
No hay reglamentación.

A finales del año 1992 el Congreso de la República emite la Ley 30 que organiza el servicio público de la educación superior a todo lo largo y ancho de Colombia y que sigue vigente hasta nuestros días; de tal manera que al siguiente año la Universidad emite nuevas reglamentaciones (mediante Acuerdos del Consejo Superior Universitario) respecto a la prestación de Servicios Académicos Remunerados y a los procedimientos y estímulos para la participación del personal académico en estos servicios. Estos acuerdos estuvieron vigentes durante ocho años, hasta 2001 cuando fueron derogados.

Es de anotar que a pesar que en el Plan de Desarrollo 1995-1998 se propuso el reconceptualizar y reorientar las acciones de la Función de Extensión y adicionalmente el construir y aplicar indicadores para evaluar la gestión de todas las tres funciones orgánicas de la Universidad, no se emitió ninguna nueva reglamentación.

Mirando los años abarcados en el siguiente Plan de Desarrollo 1999- 2003, se establece que en el año 2000 mediante Acuerdo se crea el Comité de Investigaciones y Extensión proveyendo a las Facultades de un órgano colegiado importante para analizar y decidir sobre los asuntos de extensión. En el año 2001 se reglamenta la Función de Extensión mediante el Acuerdo 004 con el cual se le brinda a la Universidad una mejor cimentación en procura de un firme desarrollo en este ámbito; dándole así a la extensión una unidad de sentido al interior de la Universidad y proveyéndola de una estructura organizativa y funcional, según lo declarado en el Plan.

Para el siguiente Plan Global de Desarrollo de los años 2004 a 2006, se establece que en el primer año se crea la Dirección Nacional de Extensión y Educación Continua, dándole así una mayor importancia a la Función de Extensión al interior de la Universidad determinando la participación de los más altos niveles jerárquicos organizacionales en las decisiones que atañen a todo lo relacionado con extensión; en este mismo año también se aprueba la apertura y desarrollo de programas de Diplomado para enriquecer la oferta de programas de extensión. En el año 2005 al crear la Vicerrectoría de Investigación se le

asigna dentro de una de sus funciones todo lo relacionado no solo con Investigación sino también con la Extensión, tratando así de colocar en un mismo plano de importancia estas dos funciones de la Universidad.

Hasta el momento, y analizando los años abarcados por el último Plan Global de Desarrollo 2007 a 2009, no se han emitido nuevas reglamentaciones.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se puede llegar a establecer que el desarrollo de la reglamentación en cuanto a extensión al interior de la Universidad se ha dado en términos reactivos más que proactivos; puesto que las reglamentaciones se han emitido con el propósito de ir ajustado a las diferentes instancias de la Universidad a las necesidades evidenciadas por la puesta en práctica de normas que después se llegó a determinar, no eran las más convenientes. Un ejemplo de esto se puede establecer analizando el transcurrir de la reglamentación en cuanto al tiempo permitido de dedicación de los docentes a las prácticas de extensión: inicialmente al docente se le permitía dejar completamente de lado su dedicación a la docencia (finalidad fundamental de su vinculación con la Universidad) pudiendo ser totalmente reemplazada por la prestación de servicios de asesoría y programas de extensión; situación que a todas luces contravenía la naturaleza fundamental de la vinculación de los docentes con la Universidad. Luego y mediante diferentes reglamentaciones esta situación ha venido cambiando hasta llegar a establecer hoy en día un determinado número máximo de horas que el docente puede dedicar a realizar actividades de extensión dentro de su jornada; este desarrollo ha sido en mucho similar a lo que tiene relación con la parte económica percibida por el profesor respecto al desarrollo de las actividades de extensión.

Adicionalmente hay que detallar que a pesar de haber existido la necesidad de consolidar la información respecto a actividades de extensión, incluso desde el inicio de la reglamentación en el año 80, es decir de contar con un Sistema de información de extensión al interior de la Universidad que provea información fidedigna y confiable para tomar decisiones cada vez más acertadas; esto no se ha dado no obstante haber existido diferentes desarrollos en la normatividad. La primera mención respecto a este Sistema se realizó en el año 2001 (Acuerdo 004) por el cual se creó el “Sistema Nacional de Información de Extensión”; que fue posteriormente denominado SINEX (“Sistema Nacional de Información de Extensión para la Universidad Nacional de Colombia”) en el Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 2004 – 2006. Actualmente el SINEX se encuentra definido como: el Sistema único de información de Extensión para la Universidad Nacional de Colombia, a través del cual se estructuran los procesos de gestión académica, social y administrativa, propios de la función de Extensión y donde se registra, administra, consulta y actualiza la información de la Extensión universitaria en cada una de sus modalidades; desde la página web de la Dirección Nacional de Extensión se hace en la actualidad un llamado para que entre todos los actores del ámbito universitario se construya este Sistema. En el documento titulado: SINEX 01: HACIA EL SISTEMA DE

INFORMACIÓN DE EXTENSIÓN SINEX de fecha septiembre de 2007 elaborado por la Dirección Nacional de Extensión, se presenta un cronograma en el cual este Sistema debe estar listo y consolidada su producción al finalizar el año 2008, pero a Enero de 2009 esto aún no se ha hecho realidad.

En cuanto a evaluación de las actividades de extensión, la primera alusión fue realizada por el Ministerio de Educación Nacional en su decreto del año 1993 dentro de la reestructuración del régimen orgánico de la Universidad, en el cual se dio como función al Consejo Superior Universitario el establecer y supervisar sistemas de evaluación institucional en cuanto a la extensión. Pero es apenas en mayo 13 de 1999, cuando se adopta el Estatuto General de la Universidad, que expresa dentro de las normas realizadas por la propia Universidad como función del Consejo Superior Universitario el establecer y supervisar sistemas de evaluación de los programas de extensión. Ahora bien, en cuanto a indicadores, se mencionan inicialmente en el Plan de Desarrollo 95-98 como haciendo parte de la evaluación de la Extensión en la Universidad y solo vuelven a ser mencionados en el Acuerdo 04 del año 2001.

Adicionalmente en las revistas *Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional de Colombia* de los años 1997, 1998 y 1999 no se hace mención a actividades de extensión, se maneja información sobre programas académicos ofrecidos, número de admitidos, de estudiantes, de egresados; número de docentes, dedicación, formación, entre otros; mostrando indicadores al respecto. En la revista del año 2000 se presentó una metodología que en ese momento se llamó Indicador de Complejidad que, según se dijo, permitía explicitar el origen de los recursos y los usos en las tres funciones: Docencia, Investigación y Extensión; y que constituía la relación entre seis variables: Multidisciplinariedad en formación, docentes, número de estudiantes, investigación, extensión y tradición académica. Pero al mismo tiempo se aclaró por una parte, que este índice aún estaba en construcción y por la otra que teniendo en cuenta que la aplicación de los sistemas de información no estaba terminada, en los cálculos se omitía la investigación y la extensión. Adicionalmente en el aparte titulado *Hacia una nueva interpretación de la extensión universitaria* se presentan cuadros con indicadores como: “Distribución presupuestal de gastos sede Bogotá, según funciones” en el cual se muestra en términos porcentuales la distribución entre formación, investigación, extensión y gestión. “Distribución porcentual de funciones según jornada docente, sede Bogotá, 1998” mostrando por facultad distribución porcentual en formación, investigación, extensión, gestión, capacitación y situaciones especiales. “Comportamiento de los proyectos de extensión por modalidades según personal vinculado y beneficiarios. Bogotá 1998” mostrando por modalidad el número de proyectos, profesores participantes, estudiantes participantes y asistentes; referenciando la totalidad de modalidades sobre el cien por ciento. El aporte en esta revista se convierte en un inicial esfuerzo en la generación de indicadores relacionados con las actividades de extensión demostrando el interés real que la Universidad empieza a desarrollar y concretar en cuanto a esta materia, sin embargo presenta 3 cuadros los cuales se podrían considerar como pertinentes ya que muestran diferentes dimensiones de la

Extensión pero sin ningún vínculo o relación entre ellos más allá que la de estar referenciados al interior de la Universidad; aportando así una lista más o menos larga de indicadores pero no evidenciando la existencia de una metodología con un hilo conductor, más bien se demuestra el esfuerzo de extraer indicadores según determinada información existente.

Para el año 2001, evaluando esta misma publicación, sobre indicadores se encuentra el aparte de *Indicadores básicos Universidad Nacional de Colombia* en el cuál no hay información referente a Extensión. En el aparte titulado *Indicadores de gestión para el Sistema Universitario estatal SUE* (Sistema de Universidades Estatales) se encuentra a manera de nota el hecho que las gráficas contenidas en este aparte son una primera muestra de resultados aplicando la propuesta de indicadores establecida por la Subcomisión Técnica del SUE y adicionalmente aclaran que en una segunda etapa la Subcomisión construirá un indicador de complejidad que permita generar comparaciones más rigurosas. Ya específicamente en cuanto a indicadores de extensión se encuentra solo una gráfica titulada “Gráfico 25 (Indicador 25) Tasa de generación de ingresos por extensión” en la cual se muestran comparativamente los resultados de cinco universidades públicas colombianas: Universidad de Antioquia, Universidad Industrial de Santander, Universidad Pedagógica Nacional, Universidad Nacional de Colombia y Universidad del Valle. Todas estas circunstancias muestran un retroceso en cuanto a los indicadores generados, puesto que ni siquiera se mantienen los aportados en el año inmediatamente anterior.

En la revista del año 2002 en el aparte titulado *La evaluación de la extensión universitaria y la construcción de pertinencia social de la Universidad* se presentan 10 tablas con indicadores: Proyectos y actividades de extensión realizados según modalidad 2000-2002; Proyectos o actividades de extensión ejecutados por sede 2000-2002; Capacidad de horas-Docente totales por año para dedicarlas a actividades de extensión; Distribución porcentual de los recursos financieros involucrados para la vigencia 2002 en proyectos de extensión por modalidad; Distribución de los recursos involucrados para la vigencia 2002 en proyectos de extensión por sede y por modalidad; Tipo y cantidad de entidades con las que la universidad realizó proyectos de extensión en el año 2002; Tipo y cantidad de entidades con las que la Universidad realizó proyectos de extensión en el año 2002 para cada sede; Tipo y cantidad de entidades públicas con las que la Universidad realizó proyectos de extensión en el año 2002; Tipo y cantidad de entidades privadas con las que la Universidad realizó proyectos de extensión en el año 2002; Tipo y cantidad de entidades y número de proyectos internacionales con las que la Universidad realizó proyectos de extensión en el año 2002. En el aparte *Indicadores de gestión* están los siguientes cuadros pertenecientes al Módulo I Orientación de los recursos financieros: Gastos totales de la Universidad en la Función de Extensión-metodología para cuatro funciones, presentado en valores absolutos y porcentuales; Gastos totales discriminados por sedes y el nivel nacional en la Función de Extensión – metodología para cuatro funciones; Gastos totales de la Universidad en la Función de Extensión-metodología para tres funciones; Gastos totales discriminados por sedes en la función de extensión – metodología para tres funciones. Pertenecientes al



Módulo II Complejidad: Índice de capacidad disponible en extensión; Gestión de proyectos de extensión. Para el Módulo III Entorno: no hay indicador. En este año se observa un alto número de indicadores con una fuerte influencia de la parte de financiera (ingresos, gastos) y además los indicadores que se podrían denominar iniciales como por ejemplo: número de proyectos, número de docentes, etc. Pero nuevamente sin ninguna relación entre ellos, de tal manera que aportan un listado más o menos largo de estos indicadores pero sin ningún objetivo único fundamental.

Para el año 2003 en el aparte de *Indicadores de gestión del Sistema de Universidades del Estado (SUE)* se detallan dos indicadores: Número de docentes en tiempos completos equivalentes dedicados a extensión e Ingresos generados por extensión. Este nuevo comportamiento bastante diferente al año anterior ratifica la falta de una metodología consistente en la generación de indicadores de la Función de Extensión.

Para el año 2004 no hay ninguna referencia a indicadores de extensión en la revista, la información presentada es: Indicadores básicos de la Universidad Nacional de Colombia, Estadísticas de inscritos y admitidos, Estadística de estudiantes matriculados, Estadística de graduados, Estadística de programas curriculares, Estadísticas de talento humano, Investigación y Convenios. Lo mismo sucede para el año 2005, la diferencia está en que no se presenta la información referente a Convenios, pero si Estadística de recursos de soporte académico. En la revista del año 2006 no hay indicadores de extensión y aparecen indicadores de los Exámenes de Calidad de la Educación Superior – ECAES por primera vez e indicadores de bienestar. En la revista del año 2007 tampoco existe ningún indicador de extensión, los temas presentados son : Indicadores básicos de la Universidad Nacional de Colombia (recopilación de la información), Estadísticas de programas curriculares, estadística de inscritos y admitidos, Estadística de estudiantes matriculados, Estadística de resultados de los Exámenes de Calidad de la Educación Superior – ECAES, Estadísticas de los graduados, Estadísticas de talento humano, Estadísticas de investigación, Estadísticas de movilidad y Estadísticas de infraestructura de soporte y servicios.

Resumiendo, desde el año 2004 en adelante los indicadores de extensión desaparecieron de esta publicación. Pero en la página web de la Dirección Nacional de Extensión de la Universidad Nacional de Colombia aparece un lugar destinado a Indicadores Generales, los cuales están presentados en cuatro grupos: Ingresos y excedentes por proyectos y/o actividades de extensión (vigencia 2004 a vigencia 2007), Docentes vinculados a Extensión (años 2004 a 2006), Estudiantes vinculados a Extensión (años 2003 a 2006) y Entidades vinculadas a la Extensión Universitaria (años 2003 a 2006); de tal manera que se podría establecer que la publicación en la revista fue reemplazada por la publicación en la página web, pero con características similares respecto a aportar un listado de indicadores individuales por cada ítem que se considera importante: Ingresos, excedentes, docentes, estudiantes, entidades, etc.; presentados para cada año, pero sin relacionar de manera

explícita y directa el uno con el otro y sin proveer a quienes toman decisiones de una sola medida de evaluación.

Otra publicación que es necesario analizar es la revista *Indicadores de Gestión para las Universidades Públicas Sistema de Universidades Estatales SUE*, en el aparte de Indicadores de Gestión para las Universidades Públicas en la parte correspondiente a Extensión presenta diez indicadores así:

- Indicador de cobertura ECO-1: Productividad de la actividad de educación continuada:  
$$\left( \frac{\text{Participantes anuales en actividades de educación continuada}}{\text{Docentes en tiempos completos equivalentes dedicados a extensión}} \right) \times 100$$
- Indicador de eficiencia EEF-1: Proporción de los ingresos generados por extensión dentro del total de ingresos de la institución:  
$$\left( \frac{\text{Ingresos generados por extensión}}{\text{Total de ingresos de la institución, sin transferencias pensionales del estado}} \right) \times 100$$
- Indicador de eficiencia EEF-2: Participación de los gastos de personal docente de la institución en los ingresos totales de la extensión remunerada:  
$$\left( \frac{\text{Valor de los estímulos a los docentes que participan en las actividades de extensión remunerada}}{\text{Ingresos generados por extensión}} \right) \times 100$$
- Indicador de eficiencia EEF-3: Porcentaje del valor de la nómina docente dedicada a la extensión remunerada:  
$$\left( \frac{\text{Valor del tiempo de los docentes dedicado a extensión remunerada}}{\text{Valor total de la nómina docente}} \right) \times 100$$
- Indicador de eficiencia EEF-4: Porcentaje del valor de la nómina docente dedicada a la extensión solidaria:  
$$\left( \frac{\text{Valor del tiempo de los docentes dedicado a extensión solidaria}}{\text{Valor total de la nómina docente}} \right) \times 100$$
- Indicador de eficiencia EEF-5: Porcentaje del valor de la nómina docente dedicada a los servicios docente asistenciales:

(Valor del tiempo de los docentes dedicado a servicios docente asistenciales / Valor total de la nómina docente) X 100

- Indicador de eficiencia EEF-6: Capacidad de los docentes para desarrollar proyectos de extensión remunerada:

(Total proyectos de extensión remunerada, en ejecución en el año / Docentes en tiempos completos equivalentes dedicados a extensión) X 100

- Indicador de eficiencia EEF-7: Capacidad de los docentes para desarrollar proyectos de extensión solidaria:

(Total proyectos de extensión solidaria, en ejecución en el año / Docentes en tiempos completos equivalentes dedicados a extensión) X 100

- Indicador de eficiencia EEF-8: Capacidad de la institución para desarrollar programas de servicios docente asistenciales:

(Total programas de servicios docente asistenciales, en ejecución en el año / Docentes en tiempos completos equivalentes dedicados a extensión) X 100

- Indicador de eficiencia EEF-9: Proporción de los docentes en tiempos completos equivalentes dedicados a extensión:

(Docentes en tiempos completos equivalentes dedicados a extensión / Total docentes en tiempos completos equivalentes, incluyendo los de cátedra) X 100

En esta propuesta se sigue un esquema muy parecido a los anteriores en los cuales se presenta una lista, más o menos larga, de indicadores; con la cual quien toma decisiones debe empezar a sopesar la importancia de cada uno de estos indicadores para tratar de tomar decisiones acertadas puesto que no tiene un solo indicador que contemple y englobe todos los aspectos deseables de ser analizados en cuanto a extensión.

#### 4. METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE INDICADORES DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD PARA LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

En diferentes escenarios y realizados por diferentes autores, se han adelantado estudios sobre el desempeño de las universidades en diversos países mediante metodologías estocásticas y no estocásticas (empíricas y de fronteras); teniendo en cuenta este panorama, se tienen entre otros a: Cohn, Rhine y Santos<sup>162</sup>; De Groot, McMahon y Volkwein<sup>163</sup>; Dunbar y Lewis<sup>164</sup>; Nelson y Hevert<sup>165</sup> y King<sup>166</sup>. Investigaciones que específicamente tienen como objeto de estudio las universidades del Reino Unido: Johnes<sup>167</sup>; Athanassopoulos y Shale<sup>168</sup>; Glass, McKillop y Hyndman<sup>169</sup>, Johnes y Johnes<sup>170</sup> y Glass, McKillop y Hyndman<sup>171</sup>. Para las universidades japonesas está Hashimoto y Cohn<sup>172</sup>. Para

---

<sup>162</sup> COHN, E.; RHINE, S. y SANTOS, M. C. Institutions of higher education as multi-product firms: economies of scale and scope. En: Review of Economics and Statistics. Vol. 71, (1989); p. 284–290.

<sup>163</sup> DE GROOT, H.; MCMAHON, W. y VOLKWEIN, F. The cost structure of American research universities. En: Review of Economic and Statistics. Vol. 73, No. 3 (1991); p. 424–431.

<sup>164</sup> DUNBAR, H. y LEWIS, D. R. Departmental productivity in American universities: economies of scale and scope. En: Economics of Education Review. Vol. 14, (1995); p. 119–144.

<sup>165</sup> NELSON, R. y HEVERT, K. Effect of class size on economies of scale and marginal costs in higher education. En: Applied Economics. Vol. 24, No. 5 (1992); p. 473–482.

<sup>166</sup> KING, W. D. Input and output substitution in higher education. En: Economics Letters. Vol. 57, (1997); p. 107–111.

<sup>167</sup> JOHNES, G. Multi-product cost functions and the funding of tuition in UK universities. Prepared for ERSC economics of education seminar Group meeting, Regents College, London, (1993).

<sup>168</sup> ATHANASSOPOULOS, A. y SHALE, E. Assessing the comparative efficiency of higher education institutions in the UK by means of data envelopment analysis. En: Education Economics. Vol. 5, No. 2, (1997); p.117–134.

<sup>169</sup> GLASS, J. C.; MCKILLOP, D. G. y HYNDMAN, N. Efficiency in the provision of university teaching and research: an empirical analysis of UK universities. En: Journal of Applied Econometrics. Vol. 10, No. 1 (1995); p. 61–72.

<sup>170</sup> JOHNES, J. y JOHNES, G. Research funding and performance in UK. University departments of economics: a frontier analysis. En: Economics of Education Review. Vol. 14, No. 3 (1995); p. 301–314.

<sup>171</sup> GLASS, J. C.; MCKILLOP, D. G. y HYNDMAN, N. The achievement of scale efficiency in UK universities: a multiple-input multiple-output analysis. En: Education Economics. Vol. 3, (1995); p. 249–263

las canadienses: Arcelus y Colemans<sup>173</sup>; McMillian y Debasish<sup>174</sup>. Para las australianas: Throsby<sup>175</sup>; Lloyd, Morgan y Williams<sup>176</sup>; Lloyd<sup>177</sup>; Towe y Wright<sup>178</sup>; Coelli<sup>179</sup>; Madden, Savage y Kemp<sup>180</sup>; Fox y Milbourne<sup>181</sup>; Abbott y Doucouliagos<sup>182</sup>. En alemania: Fandel y Gal<sup>183</sup>. Además aplicaciones recientes en DEA: Cook, Kres y Seiford<sup>184</sup>; Ruggiero<sup>185</sup>; Sarrico y Dyson<sup>186</sup>; Korhonen, Tainio y Wallenius<sup>187</sup>; Chakraborty, Biswas y Lewis<sup>188</sup>; Bougnol y Dul'a<sup>189</sup> y Fandel<sup>190</sup>.

---

<sup>172</sup> HASHIMOTO, K. y COHN, E. Economies of scale and scope in Japanese private universities. En: Education Economics. Vol. 5, No. 2 (1997); p. 107–115.

<sup>173</sup> ARCELUS, F. J. y COLEMANS, D.F. An efficiency review of university departments. En: International Journal of Systems Science. Vol: 28, (1977), p. 722.

<sup>174</sup> MCMILLAN, M.L. y DEBASISH D. The relative efficiencies of Canadian universities: a DEA perspective. En: Research paper No. 97-4, Department of Economics, University of Alberta. (1997).

<sup>175</sup> THROSBY, C. D. Cost functions for Australian universities. En: Australian Economic Papers. Vol. 25, (1986); p. 175–192.

<sup>176</sup> LLOYD, P.; MORGAN, M. y WILLIAMS, R. Amalgamations of universities: are there economies of size and scope? En: Applied Economics. Vol. 25, (1993); p. 1081–1092.

<sup>177</sup> LLOYD, P. A multiple output cost function for Australian universities. En: Australian Economic Papers. Vol. 33, (1994); p. 200–214.

<sup>178</sup> TOWE, J. B. y WRIGHT, D. J. Research published by Australian economics and econometrics departments: 1988–93. En: Economic Record. Vol. 71, (1995); p. 8–17.

<sup>179</sup> COELLI, T. Assessing the performance of Australian universities using data envelopment analysis. Mimeo. Center for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England. (1996).

<sup>180</sup> MADDEN, G.; SAVAGE, S. y KEMP, S. Measuring public sector efficiency: a study of economic departments at Australian universities. En: Education Economics. Vol. 5, No. 2 (1997); p. 153–168.

<sup>181</sup> FOX, K. J. y MILBOURNE, R. What determines research output of academic economists. En: Economic Record. Vol. 75, (1999); p. 256–267.

<sup>182</sup> ABBOTT, C. y DOUCOULIAGOS. The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis. En: Economics of Education Review. Vol. 22, (2003); p. 89–97.

<sup>183</sup> FANDEL, G. y GAL, T. Redistribution of funds for teaching and research among universities: The case of North Rhine-Westphalia. En: European Journal of Operational Research. Vol. 130, (2001); p. 111–120.

<sup>184</sup> COOK W. D.; KRESS, M. y SEIFORD, L.M. On the Use of Ordinal Data in Data Envelopment Analysis. En: Journal of Operational Research Society. Vol. 44, (1993); p. 133–140.

<sup>185</sup> RUGGIERO J. Non-discretionary inputs in data envelopment analysis. En: European Journal of Operational Research. Vol. 111, (1998); p. 461–469

<sup>186</sup> SARRICO C.S. y DYSON R.G. Using DEA for Planning in UK Universities-An Institutional Perspective. En: Journal of Operational Research Society. Vol. 51, (2000); p. 789–800.

En la evaluación del desempeño de las universidades, ya sea miradas a su interior o comparándolas entre ellas, es recurrente el hecho que se tome como objeto de estudio las actividades desarrolladas en los campos de docencia y/o investigación; evaluaciones que históricamente han resultado en la generación de múltiples ratios sencillos de productividad<sup>191</sup>. Adicionalmente, se ha manejado como uno de los principales argumentos el hecho que de estas actividades se desprenden acciones de tanta importancia como por ejemplo el reparto del presupuesto central. En esta investigación se establecen indicadores de desempeño para la actividad de extensión, proponiendo y desarrollando una metodología mediante la aplicación de DEA. Se califica la metodología como innovadora, puesto que los argumentos manejados se constituyen en un novel aporte para este tipo de investigación, dado que los indicadores se llegan a establecer aplicando una mirada diferente al interior de la universidad, abordando una actividad adicional a las estudiadas tradicionalmente: docencia e investigación.

La actividad de extensión es igualmente importante puesto que es la forma como un tercer tipo de relación de coexistencia entre la universidad y la sociedad se desarrolla; adicionalmente en los últimos años las diferentes dependencias del Gobierno que tienen injerencia directa en el devenir de las universidades públicas han hecho especial hincapié en que las universidades deben colocar igual interés en el desarrollo de las tres actividades consideradas como fundamentales para el desarrollo de un país como Colombia: Docencia, Investigación y Extensión. Como ya se ha establecido, las actividades de extensión están siendo evaluada mediante indicadores tradicionales que arrojan todo un listado -que puede ser bastante largo- de cifras con las cuales es difícil llegar a tomar decisiones acertadas al no tener claro que priorización debería dárseles; al establecer una única medida de desempeño para cada una de las DMU'S, se estará en capacidad de desarrollar de mejor manera las actividades de gerencia y/o tomar las decisiones para mejorar su devenir y tomar acciones reales aplicables que en cada caso (y respetando su especificidad) mejoren los

---

<sup>187</sup> KORHONEN, P.; TAINIO, R. y WALLENIUS, J. Value efficiency analysis of academic research. En: European Journal of Operational Research. Vol. 130, (2001); p. 121–132.

<sup>188</sup> CHAKRABORTY, K., BISWAS, B. y LEWIS, C. Measurement of technical efficiency in public education: A stochastic and nonstochastic production function approach. En: Southern Economic Journal. Vol. 67, (2001); p. 889–905.

<sup>189</sup> BOUGNOL, M. y DUL'A, J. Validating DEA as a ranking tool: An application of DEA to assess performance in higher education. En: Annals of Operational Research. Vol. 145, (2006); p. 339–365.

<sup>190</sup> FANDEL, G. On the performance of universities in North Rhine-Westphalia, Germany: Governments redistribution of funds judged using DEA efficiency measures. En: European Journal of Operational Research. Vol. 176, (2007); p. 521–533.

<sup>191</sup> GANLEY, J. A. y CUBBIN, J. S. Public sector efficiency measurement. Applications of Data Envelopment Analysis. North-Holland: Elsevier Science Publishers; 1992, p. 2.

resultados y así pueda afianzar su relación con la sociedad en general y el sector productivo y de servicios en particular.

#### 4.1 PERTINENCIA DE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

Desde capítulos anteriores ha quedado claro que DEA es uno de los métodos que mejor se ajusta al estudio en el ámbito de la educación ya que no hay necesidad de establecer previamente la función de costos, situación bastante engorrosa en el sector educativo público principalmente. También ha quedado claro que los pocos esfuerzos por generar indicadores para las actividades de extensión en Colombia han sido siempre indicadores clásicos que relacionan individualmente una salida con una entrada; o como en el caso específico de la Universidad Nacional de Colombia, indicadores que llegan a establecer en términos porcentuales comparativos el nivel de las diferentes modalidades de extensión que se adelantan en cada Facultad y/o Centro mostrando así un panorama incompleto y que por esta situación no redundan ostensiblemente en el mejoramiento de la actividad de extensión ni en el impacto que se espera en cuanto al aspecto social del país.

De tal manera que no se ha llegado a establecer una medida única e integral (que tenga en cuenta para un solo indicador multi entradas y multi salidas) de eficiencia y productividad que relacione todas aquellas unidades que se dedican a adelantar las diferentes modalidades de la Función de Extensión al interior de la Universidad Nacional de Colombia. Entonces, también es por esta razón que es del todo pertinente aplicar Data Envelopment Analysis (DEA), puesto que suministra una única medida a través de la cual se puede comparar el desempeño de cada Facultad y Centro que adelanta este tipo de actividades. Medida cuantitativa que es generada tanto para las unidades que resulten eficientes como para aquellas que no. Teniendo claro este panorama, las directivas de la Universidad Nacional podrán tomar decisiones cada vez más acertadas respecto a la mejor forma de gestionar este tipo de actividades; puesto que tendrá información certera en términos de indicadores únicos e integrales de eficiencia correspondientes a cada una de las Decision Making Units (DMU`s). Otro aspecto a detallar es que el gobierno colombiano cada vez está más interesado en que existan métodos claros de autorregulación y rendición de cuentas a la sociedad por parte de las entidades públicas y en específico de las universidades<sup>192</sup>. Por estas circunstancias la generación de indicadores adquiere a cada momento mayor importancia, aún más teniendo en cuenta que es un argumento sólido para diseñar de mejor manera políticas de largo plazo buscando el fortalecimiento del sector educativo. Al desarrollar una metodología robusta de establecimiento de indicadores de eficiencia y productividad de la función de extensión se está contribuyendo en mucho a todo lo anterior y cimentando aún más la autonomía de la Universidad Nacional dado que es desde su interior que se construye esta metodología.

---

<sup>192</sup> REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Educación Nacional. Indicadores de gestión para las universidades públicas. Sistema de Universidades Estatales SUE. Bogotá: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES, 2003, p. 22.

## 4.2 EL MODELO

Un modelo a aplicar queda totalmente establecido en DEA, cuando se determinan las Unidades que Toman Decisiones (DMU's), las entradas (inputs) y las salidas (outputs) objeto de estudio. Para el caso de las entradas y las salidas hay que tener en cuenta adicionalmente a los aspectos metodológicos, el contar con la información necesaria; por esto algunos ítems pensados en un principio, luego fueron desechados puesto que no existía la forma para obtener los datos con el nivel de confiabilidad necesario. Los datos de las entradas y las salidas han sido extraídos de diferentes fuentes realizando corte al mes de octubre de 2008.

4.2.1 Delimitación de las Unidades que Toman Decisiones (DMU's) Partiendo de la definición de DMU como la entidad responsable de la conversión de los insumos en productos y cuyas actuaciones han de ser evaluadas<sup>193</sup>; y contrastando esto con las características propias de la Universidad Nacional de Colombia y de cómo se desarrollan las actividades de extensión a su interior, se llegó a establecer que las Unidades de Decisión deben ser prioritariamente las Facultades; puesto que en ellas está finalmente la responsabilidad por desarrollar los esfuerzos de extensión de la mejor manera posible. En los Consejos Directivos de cada una de las Facultades es donde se discute la mejor manera de desplegar los esfuerzos por conseguir y desarrollar los diferentes proyectos de extensión; donde, si es el caso, estos proyectos se aprueban; donde adicional y prioritariamente los docentes están adscritos y de las Facultades es que se realizan las transferencias monetarias que tienen relación con la extensión. Sin embargo, a pesar de ser conscientes de esta situación; es necesario analizar algunos escenarios en los cuales existen comportamientos diferentes en cada una de las sedes: para el caso de la sede Bogotá, se encuentra el hecho que hay docentes adscritos a algunos de los Institutos y que al interior de estos Institutos se realizan discusiones de cómo adelantar actividades de Extensión en cada uno de sus campos; por este motivo para la sede Bogotá también se han incluido como DMU's aquellos Institutos que ostentan estas características.

Para la sede Palmira está incluida como Unidad de Decisión el Nivel Central, puesto que allí hay docentes adscritos. Y finalmente en las sedes de Presencia Nacional (Amazonia, Orinoquia y Caribe) en razón de su tamaño pequeño, los docentes están adscritos al Nivel Central, de tal manera que para cada una de estas sedes se considera este nivel como una DMU.

---

<sup>193</sup> COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M. y TONE K. Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000, p.22.



En la Tabla 2. se presentan las 31 DMU's., repartidas de la siguiente manera: Para la sede Bogotá: 11 Facultades y 6 Institutos; para la sede Medellín: 5 Facultades. Para la sede Manizales: el Nivel Central y 3 Facultades a partir del año 2006, puesto que inicialmente existía la Facultad de Ciencias y Administración que en este año se abrió en dos. Para la sede Palmira: 2 Facultades. Y para las sedes de presencia nacional: Amazonia, Orinoquia y Caribe; el Nivel Central de cada una.

4.2.2 Delimitación de las entradas (Inputs) Teniendo en cuenta que las entradas (Inputs) son recursos que cada una de las DMU's utiliza para desarrollar sus actividades, y recordando que una de las fortalezas de DEA es el hecho de poder utilizar diferentes unidades para las entradas; se han establecido como entradas para esta investigación:

- Horas de dedicación de los docentes (número de horas)
- Aportes (\$)

*Horas de dedicación de los docentes:* En primera instancia se acudió a la nómina anual de personal docente suministrada por la Dirección de Personal Docente de la Universidad Nacional de Colombia, mediante la cual se estableció el número de docentes adscritos a cada Facultad, Instituto o Nivel Central; según su dedicación: ya fuese de exclusividad, medio tiempo y cátedra o de tiempo completo. Para el cálculo de la dedicación en horas de los docentes, se consideró la dedicación horaria máxima para la participación de miembros del personal académico en proyectos de extensión según el Acuerdo 004 del 2001 (Artículo 17 Numeral f).

Tomando como base estos valores se otorgó un factor de ponderación, el cual se multiplicó por el número total de docentes en cada Unidad de Decisión, según Tabla 3. Y luego se unificaron las unidades en términos anuales.

*Aportes:* Hace referencia a los dineros obtenidos de las diferentes fuentes de financiación para cada uno de los proyectos. El valor de los aportes corresponde a la información reportada en la ficha administrativa de cada uno de los proyectos registrados en QUIPU (Sistema de Información Financiera de la Universidad Nacional de Colombia).

Tabla 2. DMU`s Consideradas

<b>SEDES</b>		
BOGOTA	Facultad de Agronomía	AGROBTA
	Facultad de Artes	ARBTA
	Facultad de Ciencias	CBTA
	Facultad de Ciencias Económicas	ECOBTA
	Facultad de Ciencias Humanas	HUMBTA
	Facultad de Enfermería	ENFBTA
	Facultad de Derecho y Ciencias Políticas	DERBTA
	Facultad de Ingeniería	INGBTA
	Facultad de Medicina	MEDBTA
	Facultad de Medicina Veterinaria	VETBTA
	Facultad de Odontología	ODONBTA
	Instituto de Biotecnología	BIOTECBTA
	Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA	ICTABTA
	Instituto de Estudios Ambientales IDEA	IDEABTA
	Instituto de Estudios de Comunicación y Cultura IECO	IECOBTA
Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales IEPRI	IEPRIBTA	
Instituto de Genética	GENBTA	
MEDELLIN	Facultad de Arquitectura	ARQMED
	Facultad de Ciencias	CIEMED
	Facultad de Ciencias Agropecuarias	AGROMED
	Facultad de Ciencias Humanas	HUMMED
	Facultad de Minas	MINASMED
MANIZALES	Nivel Central - Manizales	NCMAZ
	Facultad de Administración y Ciencias A partir del año 2006: Facultad de Administración	ADMONMAZ
	Facultad de Ciencias, a partir del año 2006	CMAZ
	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	INGMAZ
<b>SEDES</b>		
PALMIRA	Facultad de Ciencias Agropecuarias	AGROPAL
	Facultad de Ingeniería y Administración	INGPAL
AMAZONIA	Nivel Central	NCAMA
ORINOQUIA	Nivel Central	NCORI
CARIBE	Nivel Central	NCCAR

Tabla 3. Factor de ponderación

<b>Dedicación</b>	<b>Factor</b>
Tiempo completo (20 hrs /sem)	1
Medio Tiempo y Cátedra (40 hrs /sem)	2
Exclusiva (16 hrs /sem)	0.8

4.2.3 Delimitación de las salidas (Outputs) Las salidas son los productos que las DMU's obtienen mediante la transformación que cada una de ellas lleva a cabo, e igual que para las entradas en DEA es posible manejar en un mismo modelo salidas con diferentes unidades. Se han establecido como salidas para esta investigación:

- Número de Proyectos (unidades)
- Transferencias (\$)
- Capital Relacional (número)

*Número de Proyectos:* Se calculó mediante la sumatoria de todos los proyectos desarrollados en cada una de las Unidades durante el periodo de análisis.

*Transferencias:* Fueron calculadas tomando el valor de los proyectos ejecutados por año (en cada vigencia) y a este valor se le aplicó el 20%, el cual es el porcentaje como mínimo que debe ser transferido a la Universidad (Según Acuerdo 004 del 2001 Artículo 17 Numeral a.) sobre el valor total del proyecto.

*Capital Relacional:* Partiendo del hecho que la intención de la internacionalización en la Universidad Nacional de Colombia ha ocupado primeros lugares: en el Plan Global de Desarrollo 1999-2003 se habló de cinco estrategias para el desarrollo de la Universidad y una de esas cinco estrategias fue la internacionalización. Luego para los años 2004 a 2006 se planteó el objetivo de fortalecer el desarrollo de una administración proactiva y estratégica de la Función de Extensión en la

Universidad Nacional de Colombia que permitiese la consolidación de la integración con el sector estatal, los sectores sociales, los sindicatos y la comunidad científica nacional e internacional; y que para los años 2007 a 2009 se ha señalado como uno de los objetivos la modernización, la excelencia y la internacionalización académica e investigativa. Y teniendo en cuenta que en la literatura internacional es generalmente aceptado el hecho de definir el Capital Relacional<sup>194</sup> como el conjunto de relaciones que la organización mantiene con los diferentes agentes sociales, se ha introducido esta variable. La cual ha sido manejada de la siguiente manera: los proyectos que tienen un entorno internacional y/o que se han desarrollado en colaboración con entidades de otros países o entidades internacionales se les ha asignado una puntuación de 100; a aquellos cuyo medio ambiente ha sido nacional y/o han contado con la participación de entidades del orden nacional 80; los gestionados a nivel regional 60 y por último los de nivel local 40; y luego se ha prorrateado este total respecto al número de proyectos.

4.2.4 Delimitación del espectro del tiempo Teniendo en cuenta la disponibilidad de información respecto a entradas y salidas, el espectro de tiempo bajo análisis es del año 2002 al año 2007; es decir 6 años.

#### 4.3 DATOS

Los datos de las entradas y las salidas, según las características establecidas anteriormente, para cada DMU se presentan en las Tablas 4. a la 9, una por cada año; consecutivamente desde el año 2002 al año 2007. La anotación ND hace referencia a la no disponibilidad de datos para esa DMU en ese determinado año.

Los datos se presentan por columnas de la siguiente manera:

Horas de dedicación de los docentes	<b>HRSDOC</b> (Número de Horas en 100)
Aportes:	<b>APORTES</b> (Pesos colombianos en \$1.000.000)
Número de Proyectos:	<b>No.PROY</b> (Número de Proyectos)
Transferencias:	<b>TRANSFER</b> (Pesos colombianos en \$1.000.000)
Capital Relacional (número)	<b>CAP-REL</b> (Unidades)

<sup>194</sup> El Modelo de Capital Intelectual (INTELECT) que recoge en un esquema fácilmente comprensible todos aquellos elementos intangibles que aportan o agregan valor para las organizaciones; expone como componentes del Capital Intelectual: el Capital Humano, el Capital Estructural y el Capital Relacional.

Tabla 4. Datos año 2002

<b>DNU'S</b>	<b>HRSDOC</b>	<b>No.PROY</b>	<b>TRANSFER</b>	<b>CAP-REL</b>	<b>APORTES</b>
AGROBTA	518	2	14	40	80
ARBTA	4054	102	531	42	2487
CBTA	4936	2	1	40	6
ECOBTA	1014	74	728	42	3767
HUMBTA	2470	15	85	41	756
DERBTA	1500	10	160	42	650
ENFBTA	706	5	187	40	471
INGBTA	3452	33	672	43	5936
MEDBTA	4824	21	129	41	1717
VETBTA	ND	ND	ND	ND	ND
ODONBTA	1660	10	12	40	72
BIOTECBTA	60	2	12	40	67
ICTABTA	ND	ND	ND	ND	ND
IDEABTA	40	4	178	50	218
IECOBTA	ND	ND	ND	ND	ND
IEPRIBTA	138	2	1	40	17
GENBTA	ND	ND	ND	ND	ND
ARQMED	1440	10	38	40	187
CIEMED	1282	7	7	40	43
AGROMED	716	16	48	40	200
HUMMED	666	5	16	40	91
MINASMED	2572	52	873	40	2337
NCMAZ	ND	ND	ND	ND	ND
CMAZ	ND	ND	ND	ND	ND
ADMONMAZ	1514	3	6	40	32
INGMAZ	1606	8	1	40	21
AGROPAL	480	2	16	90	80
INGPAL	ND	ND	ND	ND	ND
NCAMA	ND	ND	ND	ND	ND
NCORI	40	1	0	40	2
NCCAR	40	8	19	40	87

Tabla 5. Datos año 2003

<b>DMU's</b>	<b>HRSDOC</b>	<b>No.PROY</b>	<b>TRANSFER</b>	<b>CAP-REL</b>	<b>APORTES</b>
AGROBTA	538	5	63	52	291
ARBTA	4004	133	1763	43	5826
CBTA	4962	12	83	40	565
ECOBTA	1014	154	1182	42	12731
HUMBTA	2650	55	730	41	3201
DERBTA	1480	32	485	41	3265
ENFBTA	684	14	346	40	585
INGBTA	3476	49	851	44	8015
MEDBTA	4714	65	251	42	2309
VETBTA	700	5	7	40	21
ODONBTA	1620	24	19	40	209
BIOTECBTA	60	1	10	40	60
ICTABTA	70	6	6	40	19
IDEABTA	40	9	72	42	521
IECOBTA	60	1	5	40	22
IEPRIBTA	148	2	3	40	17
GENBTA	30	1	2	40	9
ARQMED	1296	9	134	40	1132
CIEMED	1248	9	19	42	143
AGROMED	742	11	156	40	1042
HUMMED	710	8	167	43	410
MINASMED	2814	51	2568	40	5144
NCMAZ	10	3	4	40	80
CMAZ	ND	ND	ND	ND	ND
ADMONMAZ	1492	6	11	40	48
INGMAZ	1582	18	46	40	454
AGROPAL	458	5	21	80	165
INGPAL	518	1	2	80	80
NCAMA	90	1	2	40	30
NCORI	ND	ND	ND	ND	ND
NCCAR	70	8	20	40	60

Tabla 6. Datos año 2004

<b>DMU's</b>	<b>HRSDOC</b>	<b>No.PROY</b>	<b>TRANSFER</b>	<b>CAP-REL</b>	<b>APORTES</b>
AGROBTA	476	16	60	58	468
ARBTA	4122	163	8474	43	9534
CBTA	4552	60	143	46	1503
ECOBTA	994	152	1505	43	12773
HUMBTA	2514	71	737	43	3912
DERBTA	1430	50	473	40	3899
ENFBTA	610	20	90	41	567
INGBTA	3554	108	1268	44	12567
MEDBTA	4652	114	672	41	2958
VETBTA	680	11	37	40	174
ODONBTA	1660	19	15	40	218
BIOTECBTA	60	1	19	40	60
ICTABTA	70	2	1	40	7
IDEABTA	90	11	223	42	1232
IECOBTA	60	1	0	40	22
IEPRIBTA	128	3	47	40	237
GENBTA	30	2	22	40	102
ARQMED	1210	18	186	40	1260
CIEMED	1316	15	18	43	186
AGROMED	706	18	117	43	1515
HUMMED	688	11	29	42	430
MINASMED	2616	109	870	40	8719
NCMAZ	10	3	1	40	76
CMAZ	ND	ND	ND	ND	ND
ADMONMAZ	1682	39	56	41	581
INGMAZ	1610	36	70	40	843
AGROPAL	424	8	8	65	193
INGPAL	502	2	9	90	160
NCAMA	100	5	10	40	65
NCORI	20	2	4	40	36
NCCAR	70	12	12	40	344

Tabla 7. Datos año 2005

<b>DMU'S</b>	<b>HRSDOC</b>	<b>No.PROY</b>	<b>TRANSFER</b>	<b>CAP-REL</b>	<b>APORTES</b>
AGROBTA	388	23	52	52	507
ARBTA	3728	246	5424	44	18486
CBTA	4602	65	303	44	2571
ECOBTA	928	202	2856	43	26398
HUMBTA	2392	57	1260	45	5190
DERBTA	1494	44	1531	40	4173
ENFBTA	568	6	38	43	309
INGBTA	3548	193	2866	43	24648
MEDBTA	4498	145	1189	42	6991
VETBTA	614	7	19	43	83
ODONBTA	1670	16	26	40	541
BIOTECBTA	60	1	1	40	11
ICTABTA	80	7	37	40	214
IDEABTA	50	5	91	48	921
IECOBTA	ND	ND	ND	ND	ND
IEPRIBTA	138	2	26	40	226
GENBTA	ND	ND	ND	ND	ND
ARQMED	1044	20	391	40	3141
CIEMED	1096	14	141	40	972
AGROMED	642	24	396	43	3298
HUMMED	578	7	35	40	516
MINASMED	2286	92	1006	40	11171
NCMAZ	30	8	178	40	1143
CMAZ	ND	ND	ND	ND	ND
ADMONMAZ	1460	82	86	40	907
INGMAZ	1160	53	94	41	1361
AGROPAL	236	7	18	54	189
INGPAL	292	11	14	49	117
NCAMA	100	4	14	40	79
NCORI	20	1	1	40	7
NCCAR	80	7	79	40	964



Tabla 8. Datos año 2006

DMU's	HRSDOC	No.PROY	TRANSFER	CAP-REL	APORTES
AGROBTA	422	20	44	51	271
ARBTA	3606	187	8792	58	38367
CBTA	4530	121	738	44	5360
ECOBTA	886	185	6908	43	30484
HUMBTA	2400	89	1792	51	9356
DERBTA	1414	6	654	83	2240
ENFBTA	584	5	16	44	580
INGBTA	3264	175	4167	45	22382
MEDBTA	4422	127	2428	42	7772
VETBTA	568	5	9	60	90
ODONBTA	1550	22	18	45	261
BIOTECBTA	60	4	19	60	112
ICTABTA	56	10	22	58	213
IDEABTA	60	10	185	46	1325
IECOBTA	ND	ND	ND	ND	ND
IEPRIBTA	118	3	42	53	276
GENBTA	ND	ND	ND	ND	ND
ARQMED	1014	7	129	40	1822
CIEMED	1170	1	13	40	62
AGROMED	654	6	70	57	817
HUMMED	574	2	15	40	94
MINASMED	2186	51	1091	61	10551
NCMAZ	20	33	677	58	6243
CMAZ	354	1	0	60	0
ADMONMAZ	828	71	92	50	995
INGMAZ	1500	58	710	54	10642
AGROPAL	410	19	37	59	404
INGPAL	460	20	15	51	20
NCAMA	100	9	48	62	144
NCORI	ND	ND	ND	ND	ND
NCCAR	50	3	4	60	200

Tabla 9. Datos año 2007

<b>DMU's</b>	<b>HRSDOC</b>	<b>No.PROY</b>	<b>TRANSFER</b>	<b>CAP-REL</b>	<b>APORTES</b>
AGROBTA	446	25	138	55	1211
ARBTA	3494	233	7307	57	29045
CBTA	4386	184	1170	52	13333
ECOBTA	816	261	2510	72	44117
HUMBTA	2340	103	2369	61	8534
DERBTA	1346	23	818	65	4115
ENFBTA	566	8	14	65	401
INGBTA	3114	235	3073	56	13662
MEDBTA	4336	201	3436	52	15501
VETBTA	534	17	116	68	752
ODONBTA	1668	31	73	50	447
BIOTECBTA	60	5	13	68	142
ICTABTA	64	17	14	59	106
IDEABTA	50	11	111	58	1625
IECOBTA	60	3	0	40	133
IEPRIBTA	126	3	98	67	276
GENBTA	20	4	0	50	92
ARQMED	978	22	396	52	4597
CIEMED	2364	12	56	48	391
AGROMED	670	16	289	54	1926
HUMMED	562	14	327	47	1803
MINASMED	2162	102	2072	52	18526
NCMAZ	20	29	212	57	6026
CMAZ	592	5	20	52	102
ADMONMAZ	808	46	113	54	1110
INGMAZ	1454	31	519	54	3701
AGROPAL	404	26	18	57	525
INGPAL	472	33	129	56	1104
NCAMA	100	14	19	53	181
NCORI	ND	ND	ND	ND	ND
NCCAR	44	4	39	70	194

#### 4.4 INDICADORES DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN – MODELO CRS CON ORIENTACIÓN A LAS SALIDAS (CRS-OO)

Teniendo como referente básico inicial el grupo de los modelos básicos de DEA expuestos en el capítulo dos y los argumentos expuestos por Dyson, Allen, Camanho, Podinovski, Sarrico y Shale<sup>195</sup>, se escoge el modelo básico CRS (CCR) pues no hay evidencias definitivas de la existencia de escalas de retorno variables y ante esta situación hay que optar por esta decisión. Adicionalmente dentro de CRS se ha escogido la orientación hacia las salidas (Outputs) puesto que se le quiere dar un mayor énfasis a las salidas teniendo en cuenta la importancia de la internacionalización.

4.4.1 Resultados Los resultados de este modelo se muestran en la Tabla 10. como un consolidado de los años 2002 a 2007. Los resultados de los índices se muestran de 0.00 a 100.00, siendo este último el valor que la unidad eficiente asume. Es necesario aclarar que para el mismo Dyson en el mismo paper referenciado inmediatamente antes, es importante anotar que la comparación entre Departamentos de diferentes disciplinas no es legítimo puesto que hay disciplinas que para adelantar sus actividades de investigación y docencia requieren de laboratorios y/o tecnología que necesitan de un alto nivel de aplicación de recursos económicos (por ejemplo Física, Ciencias, etc.), versus Departamentos que no requieren de estos tipos de laboratorios (Administración de Empresas, Economía, etc.). Pero este argumento tiene peso en cuanto a que podría ser así para las actividades de docencia e investigación; sin embargo cuando se habla de proyectos de extensión y de la necesidad de laboratorios especializados para adelantar estos proyectos; es necesario reconocer que dentro de los costos inherentes a estos proyectos se debe contemplar entonces el alquiler de estos laboratorios; y que si realmente el proyecto de extensión se firmó y se adelantó es porque es económicamente viable. De tal manera que el argumento expuesto queda sin validez y efectivamente la comparación se puede realizar dado que la diferencia expuesta es fácilmente remontable y queda reconocida al interior de cada uno de los proyectos de extensión.

---

<sup>195</sup> DYSON, R.G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A.S.; PODINOVSKI, V.V.; SARRICO, C.S. y SHALE, E.A. Pitfalls and protocols in DEA. En: European Journal of Operational Research. Vol. 132, (2001); p. 248.

Tabla 10. TABLA CONSOLIDADO CRS-OO

DMU's	INDICES (%) CRS-OO					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
AGROBTA	25.65	39.11	55.65	88.98	73.52	43.70
ARBTA	46.75	64.70	100.00	100.00	96.68	100.00
CBTA	86.33	27.19	36.49	41.76	40.96	33.80
ECOBTA	42.95	67.77	86.55	99.92	100.00	98.66
HUMBTA	19.00	46.37	42.60	68.09	72.80	94.81
DERBTA	32.12	40.61	34.96	100.00	90.34	63.06
ENFBTA	48.96	100.00	57.93	40.51	13.96	29.12
INGBTA	15.49	28.95	27.15	57.53	75.89	85.11
MEDBTA	12.76	22.14	57.14	61.41	99.74	77.18
VETBTA	ND	95.08	51.04	96.61	48.03	50.63
ODONBTA	47.44	36.36	38.63	25.51	29.55	71.85
BIOTECBTA	64.03	58.80	73.86	63.64	100.00	91.59
ICTABTA	ND	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
IDEABTA	100.00	100.00	100.00	63.84	89.12	100.00
IECOBTA	ND	63.74	83.80	ND	ND	54.54
IEPRIBTA	46.71	66.65	36.01	34.69	60.54	100.00
GENBTA	ND	100.00	79.41	ND	ND	100.00
ARQMED	34.67	21.45	29.79	39.58	22.75	32.03
CIEMED	51.76	31.32	38.57	44.04	31.16	50.90
AGROMED	60.30	31.41	27.02	48.26	25.55	48.61
HUMMED	31.73	69.80	33.23	24.98	39.66	59.59
MINASMED	50.10	100.00	34.72	44.91	40.52	50.21
NCMAZ	ND	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ADMONMAZ	40.87	56.76	60.61	100.00	100.00	44.07
CMAZ	ND	ND	ND	ND	100.00	100.00
INGMAZ	81.81	22.60	49.55	70.74	29.82	43.87
AGROPAL	29.84	29.13	43.38	53.06	60.10	30.88
INGPAL	ND	22.50	25.22	74.87	100.00	46.79
NCAMA	ND	33.05	99.07	77.21	100.00	60.66
NCORI	100.00	ND	100.00	100.00	ND	ND
NCCAR	100.00	100.00	83.65	65.22	100.00	100.00

4.4.2 Comprobación de robustez en los resultados Es importante evidenciar en los resultados de aquellas Unidades eficientes, que los pesos de cada entrada y salida asumen valores diferentes de cero<sup>196</sup>.

Puesto que si se diera este caso, esto representaría que esta determinada Unidad es eficiente sin utilizar el recurso que resultó con peso cero; o es eficiente ignorando la salida que ha asumido el valor cero.

Ambas situaciones deben ser consideradas como anómalas dentro de los resultados y por tal motivo el modelo no sería confiable o lo suficientemente robusto. A continuación se muestran los pesos asumidos por cada entrada y salida, para cada Unidad eficiente y para cada año.

#### **AÑO 2002:**

Virtual IOs for Unit IDEABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	71.98%	0.01799
-APORTES	28.02%	0.00129
+NO.PROY	28.02%	0.07006
+TRANSFER	43.95%	0.00247
+CAP-REL	28.02%	0.00560

Virtual IOs for Unit NCCAR efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	23.61%	0.00590
-APORTES	76.39%	0.00878
+NO.PROY	65.69%	0.08211
+TRANSFER	17.16%	0.00903
+CAP-REL	17.16%	0.00429

---

<sup>196</sup> DYSON, R. G. y THANASSOULIS, E. Reducing weight flexibility in data envelopment analysis. En: Journal of Operational Research Society, Vol. 39, (1988); p. 573.

Virtual IOs for Unit NCORI efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	50.00%	0.01250
-APORTES	50.00%	0.25000
+NO.PROY	50.00%	0.50000
+TRANSFER	0.00%	0.00281
+CAP-REL	50.00%	0.01250

### AÑO 2003

Virtual IOs for Unit ENFBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	33.23%	0.00049
-APORTES	66.77%	0.00114
+NO.PROY	1.80%	0.00128
+TRANSFER	96.40%	0.00279
+CAP-REL	1.80%	0.00045

Virtual IOs for Unit GENBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	64.59%	0.02153
-APORTES	35.41%	0.03934
+NO.PROY	17.92%	0.17923
+TRANSFER	17.92%	0.08962
+CAP-REL	64.15%	0.01604

Virtual IOs for Unit ICTABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	29.38%	0.00420
-APORTES	70.62%	0.03717
+NO.PROY	41.25%	0.06875
+TRANSFER	29.38%	0.04896
+CAP-REL	29.38%	0.00734

Virtual IOs for Unit IDEABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	84.70%	0.02118
-APORTES	15.30%	0.00029
+NO.PROY	15.30%	0.01700
+TRANSFER	69.40%	0.00964
+CAP-REL	15.30%	0.00364

Virtual IOs for Unit MINASMED efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	61.15%	0.00022
-APORTES	38.85%	0.00008
+NO.PROY	0.63%	0.00012
+TRANSFER	98.74%	0.00038
+CAP-REL	0.63%	0.00016

Virtual IOs for Unit NCCAR efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	72.13%	0.01030
-APORTES	27.87%	0.00464
+NO.PROY	33.75%	0.04219
+TRANSFER	39.31%	0.01965
+CAP-REL	26.94%	0.00674

Virtual IOs for Unit NCMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	41.58%	0.04158
-APORTES	58.42%	0.00730
+NO.PROY	23.37%	0.07792
+TRANSFER	23.37%	0.05844
+CAP-REL	53.25%	0.01331

## **AÑO 2004**

Virtual IOs for Unit ARBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	68.27%	0.00017
-APORTES	31.73%	0.00003
+NO.PROY	0.43%	0.00003
+TRANSFER	99.14%	0.00012
+CAP-REL	0.43%	0.00010

Virtual IOs for Unit ICTABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	56.94%	0.00813
-APORTES	43.06%	0.06151
+NO.PROY	33.33%	0.16667
+TRANSFER	33.33%	0.33333
+CAP-REL	33.33%	0.00833

Virtual IOs for Unit IDEABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	91.57%	0.01017
-APORTES	8.43%	0.00007
+NO.PROY	8.43%	0.00766
+TRANSFER	83.15%	0.00373
+CAP-REL	8.43%	0.00201

Virtual IOs for Unit NCMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	80.50%	0.08050
-APORTES	19.50%	0.00257
+NO.PROY	4.17%	0.01389
+TRANSFER	4.17%	0.04166
+CAP-REL	91.67%	0.02292

Virtual IOs for Unit NCORI efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	21.78%	0.01089
-APORTES	78.22%	0.02173
+NO.PROY	11.42%	0.05709
+TRANSFER	11.42%	0.02855
+CAP-REL	77.16%	0.01929



## AÑO 2005

Virtual IOs for Unit ADMONMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	82.79%	0.00057
-APORTES	17.21%	0.00019
+NO.PROY	99.90%	0.01218
+TRANSFER	0.05%	0.00001
+CAP-REL	0.05%	0.00001

Virtual IOs for Unit ARBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	49.22%	0.00013
-APORTES	50.78%	0.00003
+NO.PROY	0.29%	0.00001
+TRANSFER	99.42%	0.00018
+CAP-REL	0.29%	0.00007

Virtual IOs for Unit DERBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	45.98%	0.00031
-APORTES	54.02%	0.00013
+NO.PROY	0.63%	0.00014
+TRANSFER	98.75%	0.00064
+CAP-REL	0.63%	0.00016

Virtual IOs for Unit ICTABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	78.71%	0.00984
-APORTES	21.29%	0.00099
+NO.PROY	83.58%	0.11939
+TRANSFER	8.21%	0.00222
+CAP-REL	8.21%	0.00205

Virtual IOs for Unit NCMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	56.13%	0.01871
-APORTES	43.87%	0.00038
+NO.PROY	33.33%	0.04167
+TRANSFER	33.33%	0.00187
+CAP-REL	33.33%	0.00833

Virtual IOs for Unit NCORI efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	28.42%	0.01421
-APORTES	71.58%	0.10226
+NO.PROY	28.42%	0.28415
+TRANSFER	28.42%	0.28415
+CAP-REL	43.17%	0.01079

### **AÑO 2006**

Virtual IOs for Unit ADMONMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	49.01%	0.00059
-APORTES	50.99%	0.00051
+NO.PROY	99.74%	0.01405
+TRANSFER	0.13%	0.00001
+CAP-REL	0.13%	0.00003

Virtual IOs for Unit BIOTECBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	63.96%	0.01066
-APORTES	36.04%	0.00322
+NO.PROY	18.31%	0.04577
+TRANSFER	18.31%	0.00963
+CAP-REL	63.39%	0.01056

Virtual IOs for Unit CMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	100.00%	0.00282
-APORTES	0.00%	0.50000
+NO.PROY	50.00%	0.50000
+TRANSFER	0.00%	0.50000
+CAP-REL	50.00%	0.00833

Virtual IOs for Unit ECOBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	44.11%	0.00050
-APORTES	55.89%	0.00002
+NO.PROY	1.98%	0.00011
+TRANSFER	96.03%	0.00014
+CAP-REL	1.98%	0.00046

Virtual IOs for Unit ICTABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	49.30%	0.00880
-APORTES	50.70%	0.00238
+NO.PROY	55.46%	0.05546
+TRANSFER	22.27%	0.01012
+CAP-REL	22.27%	0.00384

Virtual IOs for Unit INGPAL efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	53.12%	0.00115
-APORTES	46.88%	0.02344
+NO.PROY	33.33%	0.01667
+TRANSFER	33.33%	0.02222
+CAP-REL	33.33%	0.00654

Virtual IOs for Unit NCAMA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	33.33%	0.00333
-APORTES	66.67%	0.00463
+NO.PROY	33.33%	0.03704
+TRANSFER	33.33%	0.00694
+CAP-REL	33.33%	0.00538

Virtual IOs for Unit NCCAR efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	84.75%	0.01695
-APORTES	15.25%	0.00076
+NO.PROY	2.10%	0.00700
+TRANSFER	2.10%	0.00525
+CAP-REL	95.80%	0.01597

Virtual IOs for Unit NCMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	66.67%	0.03333
-APORTES	33.33%	0.00005
+NO.PROY	33.33%	0.01010
+TRANSFER	33.33%	0.00049
+CAP-REL	33.33%	0.00575

## AÑO 2007

Virtual IOs for Unit ARBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	85.06%	0.00024
-APORTES	14.94%	0.00001
+NO.PROY	0.52%	0.00002
+TRANSFER	98.97%	0.00014
+CAP-REL	0.52%	0.00009

Virtual IOs for Unit CMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	2.20%	0.00004
-APORTES	97.80%	0.00959
+NO.PROY	2.20%	0.00440
+TRANSFER	38.15%	0.01907
+CAP-REL	59.65%	0.01147

Virtual IOs for Unit GENBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	60.54%	0.03027
-APORTES	39.46%	0.00429
+NO.PROY	39.46%	0.09864
+TRANSFER	0.00%	0.00005
+CAP-REL	60.54%	0.01211

Virtual IOs for Unit ICTABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	28.84%	0.00451
-APORTES	71.16%	0.00671
+NO.PROY	42.33%	0.02490
+TRANSFER	28.84%	0.02060
+CAP-REL	28.84%	0.00489

Virtual IOs for Unit IDEABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	55.58%	0.01112
-APORTES	44.42%	0.00027
+NO.PROY	20.19%	0.01836
+TRANSFER	59.62%	0.00537
+CAP-REL	20.19%	0.00348

Virtual IOs for Unit IEPRIBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	43.88%	0.00348
-APORTES	56.12%	0.00203
+NO.PROY	4.72%	0.01573
+TRANSFER	90.56%	0.00924
+CAP-REL	4.72%	0.00070

Virtual IOs for Unit NCCAR efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	80.93%	0.01839
-APORTES	19.07%	0.00098
+NO.PROY	19.04%	0.04761
+TRANSFER	43.46%	0.01114
+CAP-REL	37.50%	0.00536

Virtual IOs for Unit NCMASZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	33.33%	0.01667
-APORTES	66.67%	0.00011
+NO.PROY	33.33%	0.01149
+TRANSFER	33.33%	0.00157
+CAP-REL	33.33%	0.00585

Como ha quedado evidenciado el modelo es totalmente robusto y permisible puesto que en ningún momento ningún peso de entrada o salida ha asumido el valor cero.

#### 4.5 INDICADORES DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE LA FUNCIÓN DE EXTENSIÓN CON UNIDADES CATEGÓRICAS – MODELO CRS CON ORIENTACIÓN A LAS SALIDAS (CRS- OO)

No obstante los resultados obtenidos en el apartado anterior, es necesario reconocer que para una Facultad ubicada, por ejemplo, en alguna de las Sedes de presencia nacional es bastante más dificultoso el lograr proyectos de extensión que para una Facultad ubicada en Bogotá; puesto que se encuentra en la capital política y financiera del país, donde concurren intereses, empresas y actividades tanto de tipo nacional como internacional con mayor facilidad que en cualquier otro lugar del país. De tal manera que es plausible y urgente el reconocer estas diferencias. Esto se ha realizado mediante la metodología de categorización de DMU's dentro de DEA presentada por Cooper, Seiford y Tone<sup>197</sup>, en la cual se evidencian este tipo de situaciones.

Ante la situación expuesta anteriormente, en la cual las condiciones de competencia no son las mismas para todas las DMU's, es necesario entonces dividir las en grupos o categorías, los cuales se considere entonces que su comparación es del todo pertinente. De tal manera que para esta investigación se han dividido en tres categorías: Categoría uno: compuesta por 9 Unidades: NCMAZ, ADMONMAZ, CMAZ, INGMMAZ, AGROPAL, INGPAL, NCAMA, NCORI y NCCAR; las cuales se considera están en una situación de mayor desventaja ya que están ubicadas en lugares comparativamente aislados. La categoría dos, compuesta por 5 Unidades; las cuales se consideran se encuentran en una situación intermedia puesto que no están ubicadas en lugares tan aislados como las unidades del grupo 1, pero tampoco están en la mejor ubicación. Son las unidades que están en la sede Medellín: ARQMED, CIEMED, AGROMED, HUMMED y MINASMED. Finalmente está la categoría 3, compuesto por 17 unidades todas en la sede Bogotá, que se consideran las mejor ubicadas: AGROBTA, ARBTA, CBTA, ECOBTA, HUMBTA, DERBTA, ENFBTA, INGBTA, MEDBTA, VETBTA, ODOBTA, BIOTECBTA, ICTABTA, IDEABTA, IECOBTA, IEPRIETA y GENBTA.

De tal manera que en un primer paso, aquellas unidades pertenecientes a la categoría 1 se comparan solo entre ellas, después se aborda el segundo paso en el cual se comparan las unidades de las categorías 2 y 1 (esta última categoría por estar debajo de la categoría 2) y

---

<sup>197</sup> COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M. y TONE K. Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000, p.193.

finalmente se llega al tercer y último paso que es aquel en el cual se comparan las unidades pertenecientes al grupo 3 y las pertenecientes a las categorías inferiores: es decir grupos 2 y 1. De esta manera se garantiza que las unidades se están comparando solo con las unidades pertenecientes a una misma categoría o con categorías menores.

#### 4.5.1 Resultados

A continuación en las Tablas 11. a 16. se muestran los resultados de las categorizaciones año por año. En estas tablas, entonces se puede evidenciar la diferencia de acudir al modelo básico normal o al modelo de categorización; para una mejor ilustración adicionalmente se muestra las unidades referenciales de cada Unidad tanto para un modelo como para el otro. Estas Unidades referenciales son aquellas que son eficientes y que determinarían la posición sobre la frontera si cada Unidad no eficiente quisiese ser eficiente.

Teniendo en cuenta los resultados mostrados en la Tabla 11. se puede establecer que los índices de las unidades pertenecientes a la categoría 1 mejoran cuando se reconoce la categorización: AGROPAL pasa de 29.84% a 95.10% con referenciales de su grupo. Ahora mirando los resultados para la categoría dos se observa que MINASMED es eficiente y que si no se reconociese la categorización esta unidad no tendría la opción de serlo (índice de solo 50.10%). Adicionalmente aquí también se observa la mejora en los índices de las unidades de la categoría dos cuando se reconoce la categorización.

En la Tabla 12. RESULTADOS AÑO 2003 CATEGORIZACIÓN (CRS-OO) Y CRS-OO se puede observar que unidades como NCAMA y ADMONMAZ son eficientes con categorización a pesar que tienen índices muy bajos cuando se corre el modelo básico: 33.05% y 56.75% respectivamente; refrendando la importancia de reconocer las diferencias en cuanto ubicación geográfica y sus consecuencias en el establecimiento de los índices de eficiencia y productividad.

Para el año 2004, Tabla 13. Los resultados siguen siendo de la misma naturaleza, allí son 5 las unidades que se tornan eficientes cuando se reconoce la categorización: NCCAR, NCAMA, MINASMED, CIEMED y ARQMED.

En la Tabla 14. Se muestran los resultados para el año 2005, en el cual NCAMA es la unidad que se torna eficiente.

En las subsiguientes tablas se muestran los resultados para los años 2006 y 2007, con comportamientos lógicamente similares de mejoramiento cuando se reconoce la categorización.

Tabla 11. RESULTADOS AÑO 2002 CATEGORIZACIÓN (CRS-OO) Y CRS-OO

DMU's	CATEGORIZACION CRS-OO			CRS-OO	
	CATEGOR IA	INDIC E (%)	REFERENCIALES	INDIC E (%)	REFERENCIALES
AGROBTA	3	25.65	IDEABTA NCORI	25.65	IDEABTA NCORI
ARBTA	3	46.75	IDEABTA NCORI NCCAR	46.75	IDEABTA NCORI NCCAR
CBTA	3	86.33	IDEABTA NCORI	86.33	IDEABTA NCORI
ECOBTA	3	42.95	IDEABTA NCCAR	42.95	IDEABTA NCCAR
HUMBTA	3	19.00	IDEABTA NCORI NCCAR	19.00	IDEABTA NCORI NCCAR
DERBTA	3	32.12	IDEABTA NCORI	32.12	IDEABTA NCORI
ENFBTA	3	48.96	IDEABTA NCORI	48.96	IDEABTA NCORI
INGBTA	3	15.49	IDEABTA NCORI NCCAR	15.49	IDEABTA NCORI NCCAR
MEDBTA	3	12.76	IDEABTA NCORI NCCAR	12.76	IDEABTA NCORI NCCAR
VETBTA	3	ND	ND	ND	ND
ODONBTA	3	47.44	IDEABTA NCORI	47.44	IDEABTA NCORI
BIOTECBTA	3	64.03	IDEABTA NCORI NCCAR	64.03	IDEABTA NCORI NCCAR
ICTABTA	3	ND	ND	ND	ND
IDEABTA	3	100.00	IDEABTA	100.00	IDEABTA
IECOBTA	3	ND	ND	ND	ND
IEPRIBTA	3	46.71	NCORI NCCAR	46.71	NCORI NCCAR
GENBTA	3	ND	ND	ND	ND
ARQMED	2	62.67	MINASMED NCORI	34.67	IDEABTA NCORI
CIEMED	2	74.20	MINASMED NCORI	51.76	IDEABTA NCORI
AGROMED	2	80.80	MINASMED NCORI NCCAR	60.30	IDEABTA NCORI NCCAR
HUMMED	2	55.96	MINASMED NCORI	31.73	IDEABTA NCORI
MINASMED	2	100.00	MINASMED	50.10	IDEABTA NCORI NCCAR
NCMAZ	1	ND	ND	ND	ND
ADMONMAZ	1	90.13	NCORI NCCAR	40.87	IDEABTA NCORI
CMAZ	1	ND	ND	ND	ND
INGMAZ	1	93.98	NCORI NCCAR	81.81	IDEABTA NCORI
AGROPAL	1	95.10	NCORI NCCAR	29.84	IDEABTA NCORI
INGPAL	1	ND	ND	ND	ND
NCAMA	1	ND	ND	ND	ND
NCORI	1	100.00	NCORI	100.00	NCORI
NCCAR	1	100.00	NCCAR	100.00	NCCAR



Tabla 12. RESULTADOS AÑO 2003 CATEGORIZACION (CRS-OO) Y CRS-OO

DMU's	CATEGORIZACION CRS-OO			CRS-OO	
	CATEGORIA	INDICE (%)	REFERENCIALES	INDICE (%)	REFERENCIALES
AGROBTA	3	39.11	ENFBTA ICTABTA GENBTA	39.11	ENFBTA ICTABTA GENBTA
ARBTA	3	64.70	ENFBTA MINASMED NCCAR	64.70	ENFBTA MINASMED NCCAR
CBTA	3	27.19	ENFBTA ICTABTA	27.19	ENFBTA ICTABTA
ECOBTA	3	67.77	IDEABTA NCMAZ NCCAR	67.77	IDEABTA NCMAZ NCCAR
HUMBTA	3	46.37	ENFBTA MINASMED NCCAR	46.37	ENFBTA MINASMED NCCAR
DERBTA	3	40.61	IDEABTA MINASMED NCCAR	40.61	IDEABTA MINASMED NCCAR
ENFBTA	3	100.00	ENFBTA	100.00	ENFBTA
INGBTA	3	28.95	IDEABTA MINASMED NCCAR	28.95	IDEABTA MINASMED NCCAR
MEDBTA	3	22.14	ENFBTA ICTABTA NCCAR	22.14	ENFBTA ICTABTA NCCAR
VETBTA	3	95.08	ENFBTA ICTABTA GENBTA	95.08	ENFBTA ICTABTA GENBTA
ODONBTA	3	36.36	ICTABTA	36.36	ICTABTA
BIOTECBTA	3	58.80	GENBTA MINASMED NCMAZ	58.80	GENBTA MINASMED NCMAZ
ICTABTA	3	100.00	ICTABTA	100.00	ICTABTA
IDEABTA	3	100.00	IDEABTA	100.00	IDEABTA
IECOBTA	3	63.74	ENFBTA GENBTA	63.74	ENFBTA GENBTA
IEPRIBTA	3	66.65	ENFBTA ICTABTA GENBTA	66.65	ENFBTA ICTABTA GENBTA
GENBTA	3	100.00	GENBTA	100.00	GENBTA
ARQMED	2	25.39	MINASMED NCCAR	21.45	ENFBTA GENBTA MINASMED NCCAR
CIEMED	2	47.20	NCCAR	31.32	ENFBTA ICTABTA
AGROMED	2	31.98	MINASMED NCCAR	31.41	ENFBTA MINASMED NCCAR
HUMMED	2	86.54	MINASMED NCCAR	69.80	ENFBTA ICTABTA GENBTA
MINASMED	2	100.00	MINASMED	100.00	MINASMED
NCMAZ	1	100.00	NCMAZ	100.00	NCMAZ
ADMONMAZ	1	100.00	ADMONMAZ	56.76	ENFBTA ICTABTA GENBTA
CMAZ	1	ND	ND	ND	ND
INGMAZ	1	30.40	NCCAR	22.60	ENFBTA ICTABTA
AGROPAL	1	53.54	NCAMA NCCAR	29.13	ENFBTA ICTABTA GENBTA
INGPAL	1	75.00	NCAMA	22.50	GENBTA
NCAMA	1	100.00	NCAMA	33.05	GENBTA NCMAZ
NCORI	1	ND	ND	ND	ND
NCCAR	1	100.00	NCCAR	100.00	NCCAR

Tabla 13. RESULTADOS AÑO 2004 CATEGORIZACIÓN (CRS-OO) Y CRS-OO

DMU's	CATEGORIZACION CRS-OO			CRS-OO		
	CATEGORI A	INDICE (%)	REFERENCIALES	INDICE (%)	REFERENCIALES	
AGROBTA	3	55.65	ARBTA ICTABTA NCORI	55.65	ARBTA ICTABTA NCORI	
ARBTA	3	100.00	ARBTA	100.00	ARBTA	
CBTA	3	36.49	ARBTA ICTABTA NCORI	36.49	ARBTA ICTABTA NCORI	
ECOBTA	3	86.55	IDEABTA NCMAZ	86.55	IDEABTA NCMAZ	
HUMBTA	3	42.60	ARBTA ICTABTA NCORI	42.60	ARBTA ICTABTA NCORI	
DERBTA	3	34.96	ARBTA NCMAZ NCORI	34.96	ARBTA NCMAZ NCORI	
ENFBTA	3	57.93	ARBTA ICTABTA NCORI	57.93	ARBTA ICTABTA NCORI	
INGBTA	3	27.15	ARBTA NCMAZ NCORI	27.15	ARBTA NCMAZ NCORI	
MEDBTA	3	57.14	ARBTA ICTABTA NCORI	57.14	ARBTA ICTABTA NCORI	
VETBTA	3	51.04	ARBTA ICTABTA NCORI	51.04	ARBTA ICTABTA NCORI	
ODONBTA	3	38.63	ARBTA ICTABTA NCORI	38.63	ARBTA ICTABTA NCORI	
BIOTECBTA	3	73.86	ARBTA ICTABTA NCORI	73.86	ARBTA ICTABTA NCORI	
ICTABTA	3	100.00	ICTABTA	100.00	ICTABTA	
IDEABTA	3	100.00	IDEABTA	100.00	IDEABTA	
IECOBTA	3	83.80	ICTABTA NCORI	83.80	ICTABTA NCORI	
IEPRIBTA	3	36.01	ARBTA ICTABTA NCORI	36.01	ARBTA ICTABTA NCORI	
GENBTA	3	79.41	ARBTA NCMAZ NCORI	79.41	ARBTA NCMAZ NCORI	
ARQMED	2	100.00	ARQMED	29.79	ARBTA ICTABTA NCORI	
CIEMED	2	100.00	CIEMED	38.57	ARBTA ICTABTA NCORI	
AGROMED	2	69.51	ARQMED MINASMED NCORI	27.02	ARBTA NCMAZ NCORI	
HUMMED	2	43.84	NCAMA	33.23	ARBTA ICTABTA NCORI	
MINASMED	2	100.00	MINASMED	34.72	ARBTA NCMAZ NCORI	
NCMAZ	1	100.00	NCMAZ	100.00	NCMAZ	
ADMONMAZ	1	87.26	NCAMA	60.61	ARBTA ICTABTA NCORI	
CMAZ	1	ND	ND	ND	ND	
INGMAZ	1	55.52	NCAMA	49.55	ARBTA ICTABTA NCORI	
AGROPAL	1	54.10	NCAMA NCORI	43.38	ICTABTA NCORI	
INGPAL	1	50.62	NCORI	25.22	ARBTA ICTABTA NCORI	
NCAMA	1	100.00	NCAMA	99.07	ARBTA ICTABTA NCORI	
NCORI	1	100.00	NCORI	100.00	NCORI	
NCCAR	1	100.00	NCCAR	83.65	ARBTA NCMAZ NCORI	

Tabla 14. RESULTADOS AÑO 2005 CATEGORIZACIÓN (CRS-OO) Y CRS-OO

DMU's	CATEGORIZACION CRS-OO			CRS-OO	
	CATEGORI A	INDICE (%)	REFERENCIALES	INDICE (%)	REFERENCIALES
AGROBTA	3	88.98	ICTABTA ADMONMAZ	88.98	ICTABTA ADMONMAZ
ARBTA	3	100.00	ARBTA	100.00	ARBTA
CBTA	3	41.76	DERBTA NCORI	41.76	DERBTA NCORI
ECOBTA	3	99.92	ICTABTA NCMAZ	99.92	ICTABTA NCMAZ
HUMBTA	3	68.09	ARBTA DERBTA NCORI	68.09	ARBTA DERBTA NCORI
DERBTA	3	100.00	DERBTA	100.00	DERBTA
ENFBTA	3	40.51	DERBTA NCORI	40.51	DERBTA NCORI
INGBTA	3	57.53	ARBTA ICTABTA NCMAZ	57.53	ARBTA ICTABTA NCMAZ
MEDBTA	3	61.41	ARBTA DERBTA NCORI	61.41	ARBTA DERBTA NCORI
VETBTA	3	96.61	DERBTA NCORI	96.61	DERBTA NCORI
ODONBTA	3	25.51	DERBTA NCORI	25.51	DERBTA NCORI
BIOTECBTA	3	63.64	NCORI	63.64	NCORI
ICTABTA	3	100.00	ICTABTA	100.00	ICTABTA
IDEABTA	3	63.84	ICTABTA NCMAZ NCORI	63.84	ICTABTA NCMAZ NCORI
IECOBTA	3	ND	ND	ND	ND
IEPRIBTA	3	34.69	ARBTA DERBTA NCORI	34.69	ARBTA DERBTA NCORI
GENBTA	3	ND	ND	ND	ND
ARQMED	2	77.30	NCMAZ NCAMA	39.58	ARBTA DERBTA NCORI
CIEMED	2	82.98	NCMAZ NCAMA	44.04	DERBTA NCORI
AGROMED	2	75.68	NCMAZ NCAMA	48.26	ARBTA ICTABTA NCMAZ
HUMMED	2	38.83	NCMAZ NCAMA	24.98	ARBTA DERBTA NCORI
MINASMED	2	57.37	NCMAZ NCAMA NCORI	44.91	ARBTA ICTABTA NCMAZ
NCMAZ	1	100.00	NCMAZ	100.00	NCMAZ
ADMONMAZ	1	100.00	ADMONMAZ	100.00	ADMONMAZ
CMAZ	1	ND	ND	ND	ND
INGMAZ	1	77.09	NCMAZ ADMONMAZ	70.74	ICTABTA ADMONMAZ
AGROPAL	1	60.42	NCMAZ NCAMA NCORI	53.06	ARBTA ICTABTA NCORI
INGPAL	1	78.89	NCAMA NCORI	74.87	ARBTA ICTABTA NCORI
NCAMA	1	100.00	NCAMA	77.21	ARBTA ICTABTA NCORI
NCORI	1	100.00	NCORI	100.00	NCORI
NCCAR	1	73.07	NCMAZ ADMONMAZ NCORI	65.22	ICTABTA NCMAZ NCORI

Tabla 15. RESULTADOS AÑO 2006 CATEGORIZACIÓN (CRS-OO) Y CRS-OO

DMU's	CATEGORIZACION CRS-OO			CRS-OO	
	CATEGORIA	INDICE (%)	REFERENCIALES	INDICE (%)	REFERENCIALES
AGROBTA	3	73.52	ADMONMAZ INGPAL NCAMA	73.52	ADMONMAZ INGPAL NCAMA
ARBTA	3	96.68	ECOBTA NCAMA	96.68	ECOBTA NCAMA
CBTA	3	40.96	INGPAL NCAMA	40.96	INGPAL NCAMA
ECOBTA	3	100.00	ECOBTA	100.00	ECOBTA
HUMBTA	3	72.80	ECOBTA NCAMA	72.80	ECOBTA NCAMA
DERBTA	3	90.34	ECOBTA NCAMA	90.34	ECOBTA NCAMA
ENFBTA	3	13.96	BIOTECBTA INGPAL NCAMA	13.96	BIOTECBTA INGPAL NCAMA
INGBTA	3	75.89	ECOBTA NCAMA	75.89	ECOBTA NCAMA
MEDBTA	3	99.74	ECOBTA NCAMA	99.74	ECOBTA NCAMA
VETBTA	3	48.03	BIOTECBTA CMAZ INGPAL	48.03	BIOTECBTA CMAZ INGPAL
ODONBTA	3	29.55	ADMONMAZ INGPAL	29.55	ADMONMAZ INGPAL
BIOTECBTA	3	100.00	BIOTECBTA	100.00	BIOTECBTA
ICTABTA	3	100.00	ICTABTA	100.00	ICTABTA
IDEABTA	3	89.12	ECOBTA ICTABTA NCMAZ NCCAR	89.12	ECOBTA ICTABTA NCMAZ NCCAR
IECOBTA	3	ND	ND	ND	ND
IEPRIBTA	3	60.54	ECOBTA BIOTECBTA NCAMA	60.54	ECOBTA BIOTECBTA NCAMA
GENBTA	3	ND	ND	ND	ND
ARQMED	2	24.54	NCMAZ NCAMA	22.75	ECOBTA NCAMA
CIEMED	2	31.16	INGPAL NCAMA	31.16	INGPAL NCAMA
AGROMED	2	25.55	INGPAL NCAMA	25.55	INGPAL NCAMA
HUMMED	2	39.66	CMAZ INGPAL NCAMA	39.66	CMAZ INGPAL NCAMA
MINASMED	2	59.15	NCMAZ NCAMA	40.52	ECOBTA NCAMA
NCMAZ	1	100.00	NCMAZ	100.00	NCMAZ
ADMONMAZ	1	100.00	ADMONMAZ	100.00	ADMONMAZ
CMAZ	1	100.00	CMAZ	100.00	CMAZ
INGMAZ	1	43.53	NCMAZ NCAMA	29.82	ECOBTA ICTABTA NCAMA
AGROPAL	1	60.54	ADMONMAZ INGPAL NCAMA	60.10	ICTABTA ADMONMAZ INGPAL NCAMA
INGPAL	1	100.00	INGPAL	100.00	INGPAL
NCAMA	1	100.00	NCAMA	100.00	NCAMA
NCORI	1	ND	ND	ND	ND
NCCAR	1	100.00	NCCAR	100.00	NCCAR

Tabla 16. RESULTADOS AÑO 2007 CATEGORIZACIÓN (CRS-OO) Y CRS-OO

DMU's	CATEGORIZACION CRS-OO			CRS-OO		
	CATEGORIA	INDICE (%)	REFERENCIALES	INDICE (%)	REFERENCIALES	
AGROBTA	3	43.70	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	43.70	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	
ARBTA	3	100.00	ARBTA	100.00	ARBTA	
CBTA	3	33.80	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	33.80	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	
ECOBTA	3	98.66	ARBTA ICTABTA NCMAZ	98.66	ARBTA ICTABTA NCMAZ	
HUMBTA	3	94.81	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	94.81	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	
DERBTA	3	63.06	ARBTA IEPRI BTA	63.06	ARBTA IEPRI BTA	
ENFBTA	3	29.12	ICTABTA	29.12	ICTABTA	
INGBTA	3	85.11	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	85.11	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	
MEDBTA	3	77.18	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	77.18	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	
VETBTA	3	50.63	ICTABTA IEPRI BTA	50.63	ICTABTA IEPRI BTA	
ODONBTA	3	71.85	ICTABTA IEPRI BTA	71.85	ICTABTA IEPRI BTA	
BIOTECBTA	3	91.59	ICTABTA GENBTA NCCAR	91.59	ICTABTA GENBTA NCCAR	
ICTABTA	3	100.00	ICTABTA	100.00	ICTABTA	
IDEABTA	3	100.00	IDEABTA	100.00	IDEABTA	
IECOBTA	3	54.54	ICTABTA GENBTA	54.54	ICTABTA GENBTA	
IEPRI BTA	3	100.00	IEPRI BTA	100.00	IEPRI BTA	
GENBTA	3	100.00	GENBTA	100.00	GENBTA	
ARQMED	2	45.20	NCMAZ NCCAR	32.03	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	
CIEMED	2	72.61	CMAZ NCCAR	50.90	ICTABTA IEPRI BTA	
AGROMED	2	74.64	NCCAR	48.61	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	
HUMMED	2	90.22	NCCAR	59.59	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	
MINASMED	2	93.73	NCMAZ NCCAR	50.21	ARBTA ICTABTA NCMAZ	
NCMAZ	1	100.00	NCMAZ	100.00	NCMAZ	
ADMONMAZ	1	72.18	CMAZ NCAMA NCCAR	44.07	ICTABTA IEPRI BTA	
CMAZ	1	100.00	CMAZ	100.00	CMAZ	
INGMAZ	1	69.76	NCCAR	43.87	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	
AGROPAL	1	64.03	NCAMA	30.88	ICTABTA	
INGPAL	1	70.79	CMAZ NCAMA NCCAR	46.79	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA	
NCAMA	1	100.00	NCAMA	60.66	ARBTA ICTABTA IEPRI BTA NCCAR	
NCORI	1	ND	ND	ND	ND	
NCCAR	1	100.00	NCCAR	100.00	NCCAR	

En la Tabla 17. se recogen los resultados del modelo de categorización para los 6 años estudiados.

Tabla 17. TABLA CONSOLIDADO CATEGORIZACIÓN CRS-OO

DMU's	INDICES (%)		CATEGORIZACIÓN CRS-OO			
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
AGROBTA	25.65	39.11	55.65	88.98	73.52	43.70
ARBTA	46.75	64.70	100.00	100.00	96.68	100.00
CBTA	86.33	27.19	36.49	41.76	40.96	33.80
ECOBTA	42.95	67.77	86.55	99.92	100.00	98.66
HUMBTA	19.00	46.37	42.60	68.09	72.80	94.81
DERBTA	32.12	40.61	34.96	100.00	90.34	63.06
ENFBTA	48.96	100.00	57.93	40.51	13.96	29.12
INGBTA	15.49	28.95	27.15	57.53	75.89	85.11
MEDBTA	12.76	22.14	57.14	61.41	99.74	77.18
VETBTA	ND	95.08	51.04	96.61	48.03	50.63
ODONBTA	47.44	36.36	38.63	25.51	29.55	71.85
BIOTECBTA	64.03	58.80	73.86	63.64	100.00	91.59
ICTABTA	ND	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
IDEABTA	100.00	100.00	100.00	63.84	89.12	100.00
IECOBTA	ND	63.74	83.80	ND	ND	54.54
IEPRIBTA	46.71	66.65	36.01	34.69	60.54	100.00
GENBTA	ND	100.00	79.41	ND	ND	100.00
ARQMED	62.67	25.39	100.00	77.30	24.54	45.20
CIEMED	74.20	47.20	100.00	82.98	31.16	72.61
AGROMED	80.80	31.98	69.51	75.68	25.55	74.64
HUMMED	55.96	86.54	43.84	38.83	39.66	90.22
MINASMED	100.00	100.00	100.00	57.37	59.15	93.73
NCMAZ	ND	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ADMONMAZ	90.13	100.00	87.26	100.00	100.00	72.18
CMAZ	ND	ND	ND	ND	100.00	100.00
INGMAZ	93.98	30.40	55.52	77.09	43.53	69.76
AGROPAL	95.10	53.54	54.10	60.42	60.54	64.03
INGPAL	ND	75.00	50.62	78.89	100.00	70.79
NCAMA	ND	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
NCORI	100.00	ND	100.00	100.00	ND	ND
NCCAR	100.00	100.00	100.00	73.07	100.00	100.00

4.5.2 Comprobación de robustez en los resultados Ahora es pertinente revisar los valores asumidos en los pesos para las unidades eficientes en cada año, evidenciando de esta manera la robustez de los resultados del modelo con unidades categóricas.

### AÑO 2002

#### CATEGORÍA 1:

Virtual IOs for Unit NCCAR efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	66.67%	0.01667
-APORTES	33.33%	0.00383
+NO.PROY	33.33%	0.04167
+TRANSFER	33.33%	0.01754
+CAP-REL	33.33%	0.00833

Virtual IOs for Unit NCORI efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	50.00%	0.01250
-APORTES	50.00%	0.25000
+NO.PROY	50.00%	0.50000
+TRANSFER	0.00%	0.93421
+CAP-REL	50.00%	0.01250

#### CATEGORÍAS 1 Y 2:

Virtual IOs for Unit MINASMED efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	38.56%	0.00015
-APORTES	61.44%	0.00026
+NO.PROY	0.64%	0.00012
+TRANSFER	98.72%	0.00113
+CAP-REL	0.64%	0.00016

### **CATEGORÍAS 1,2 Y 3**

Virtual IOs for Unit IDEABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	71.98%	0.01799
-APORTES	28.02%	0.00129
+NO.PROY	28.02%	0.07006
+TRANSFER	43.95%	0.00247
+CAP-REL	28.02%	0.00560

### **AÑO 2003**

#### **CATEGORÍA 1:**

Virtual IOs for Unit ADMONMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	5.21%	0.00003
-APORTES	94.79%	0.01975
+NO.PROY	43.42%	0.07236
+TRANSFER	5.21%	0.00474
+CAP-REL	51.38%	0.01284

Virtual IOs for Unit NCAMA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	5.81%	0.00065
-APORTES	94.19%	0.03140
+NO.PROY	5.81%	0.05806
+TRANSFER	5.81%	0.02903
+CAP-REL	88.39%	0.02210

Virtual IOs for Unit NCCAR efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	33.33%	0.00476
-APORTES	66.67%	0.01111
+NO.PROY	33.33%	0.04167
+TRANSFER	33.33%	0.01667
+CAP-REL	33.33%	0.00833



Virtual IOs for Unit NCMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	66.67%	0.06667
-APORTES	33.33%	0.00417
+NO.PROY	33.33%	0.11111
+TRANSFER	33.33%	0.08333
+CAP-REL	33.33%	0.00833

### **CATEGORÍA 1 Y 2:**

Virtual IOs for Unit MINASMED efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	42.98%	0.00015
-APORTES	57.02%	0.00011
+NO.PROY	0.84%	0.00016
+TRANSFER	98.33%	0.00038
+CAP-REL	0.84%	0.00021

### **CATEGORÍAS 1,2 Y 3:**

Virtual IOs for Unit ENFBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	33.23%	0.00049
-APORTES	66.77%	0.00114
+NO.PROY	1.80%	0.00128
+TRANSFER	96.40%	0.00279
+CAP-REL	1.80%	0.00045

Virtual IOs for Unit GENBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	64.59%	0.02153
-APORTES	35.41%	0.03934
+NO.PROY	17.92%	0.17923
+TRANSFER	17.92%	0.08962
+CAP-REL	64.15%	0.01604

Virtual IOs for Unit ICTABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	29.38%	0.00420
-APORTES	70.62%	0.03717
+NO.PROY	41.25%	0.06875
+TRANSFER	29.38%	0.04896
+CAP-REL	29.38%	0.00734

Virtual IOs for Unit IDEABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	84.70%	0.02118
-APORTES	15.30%	0.00029
+NO.PROY	15.30%	0.01700
+TRANSFER	69.40%	0.00964
+CAP-REL	15.30%	0.00364

## AÑO 2004

### CATAGORÍA 1:

Virtual IOs for Unit NCAMA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	16.13%	0.00161
-APORTES	83.87%	0.01290
+NO.PROY	16.13%	0.03226
+TRANSFER	67.74%	0.06774
+CAP-REL	16.13%	0.00403

Virtual IOs for Unit NCCAR efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	99.29%	0.01418
-APORTES	0.71%	0.00002
+NO.PROY	32.16%	0.02680
+TRANSFER	67.13%	0.05594
+CAP-REL	0.71%	0.00018

Virtual IOs for Unit NCMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	74.32%	0.07432
-APORTES	25.68%	0.00338
+NO.PROY	48.65%	0.16216
+TRANSFER	25.68%	0.25676
+CAP-REL	25.68%	0.00642

Virtual IOs for Unit NCORI efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	66.67%	0.03333
-APORTES	33.33%	0.00926
+NO.PROY	33.33%	0.16667
+TRANSFER	33.33%	0.08333
+CAP-REL	33.33%	0.00833

### CATEGORÍAS 1 Y 2:

Virtual IOs for Unit ARQMED efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	22.41%	0.00019
-APORTES	77.59%	0.00062
+NO.PROY	0.41%	0.00023
+TRANSFER	99.18%	0.00533
+CAP-REL	0.41%	0.00010

Virtual IOs for Unit CIEMED efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	1.48%	0.00001
-APORTES	98.52%	0.00530
+NO.PROY	97.05%	0.06470
+TRANSFER	1.48%	0.00082
+CAP-REL	1.48%	0.00034

Virtual IOs for Unit MINASMED efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	95.01%	0.00036
-APORTES	4.99%	0.00001
+NO.PROY	0.28%	0.00003
+TRANSFER	99.43%	0.00114
+CAP-REL	0.28%	0.00007

### **CATEGORÍAS 1,2 Y 3:**

Virtual IOs for Unit ARBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	68.27%	0.00017
-APORTES	31.73%	0.00003
+NO.PROY	0.43%	0.00003
+TRANSFER	99.14%	0.00012
+ CAP-REL	0.43%	0.00010

Virtual IOs for Unit ICTABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	56.94%	0.00813
-APORTES	43.06%	0.06151
+NO.PROY	33.33%	0.16667
+TRANSFER	33.33%	0.33333
+ CAP-REL	33.33%	0.00833

Virtual IOs for Unit IDEABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	91.57%	0.01017
-APORTES	8.43%	0.00007
+NO.PROY	8.43%	0.00766
+TRANSFER	83.15%	0.00373
+ CAP-REL	8.43%	0.00201

### **AÑO 2005**

#### **CATEGORÍA 1:**

Virtual IOs for Unit ADMONMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	93.53%	0.00064
-APORTES	6.47%	0.00007
+NO.PROY	99.77%	0.01217
+TRANSFER	0.11%	0.00001
+ CAP-REL	0.11%	0.00003

Virtual IOs for Unit NCAMA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	17.65%	0.00176
-APORTES	82.35%	0.01042
+NO.PROY	3.33%	0.00832
+TRANSFER	93.35%	0.06668
+CAP-REL	3.33%	0.00083

Virtual IOs for Unit NCMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	56.13%	0.01871
-APORTES	43.87%	0.00038
+NO.PROY	33.33%	0.04167
+TRANSFER	33.33%	0.00187
+CAP-REL	33.33%	0.00833

Virtual IOs for Unit NCORI efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	62.40%	0.03120
-APORTES	37.60%	0.05372
+NO.PROY	33.33%	0.33333
+TRANSFER	33.33%	0.33333
+CAP-REL	33.33%	0.00833

### **CATEGORÍAS 1, 2 Y 3:**

Virtual IOs for Unit ARBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	49.22%	0.00013
-APORTES	50.78%	0.00003
+NO.PROY	0.29%	0.00001
+TRANSFER	99.42%	0.00018
+CAP-REL	0.29%	0.00007

Virtual IOs for Unit DERBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	45.98%	0.00031
-APORTES	54.02%	0.00013
+NO.PROY	0.63%	0.00014
+TRANSFER	98.75%	0.00064
+CAP-REL	0.63%	0.00016

Virtual IOs for Unit ICTABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	78.71%	0.00984
-APORTES	21.29%	0.00099
+NO.PROY	83.58%	0.11939
+TRANSFER	8.21%	0.00222
+CAP-REL	8.21%	0.00205

## AÑO 2006

### CATEGORÍA 1:

Virtual IOs for Unit ADMONMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	49.33%	0.00060
-APORTES	50.67%	0.00051
+NO.PROY	99.18%	0.01397
+TRANSFER	0.41%	0.00004
+CAP-REL	0.41%	0.00008

Virtual IOs for Unit CMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	100.00%	0.00282
-APORTES	0.00%	0.50000
+NO.PROY	50.00%	0.50000
+TRANSFER	0.00%	0.50000
+CAP-REL	50.00%	0.00833

Virtual IOs for Unit INGPAL efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	66.67%	0.00145
-APORTES	33.33%	0.01667
+NO.PROY	33.33%	0.01667
+TRANSFER	33.33%	0.02222
+CAP-REL	33.33%	0.00654

Virtual IOs for Unit NCAMA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	33.33%	0.00333
-APORTES	66.67%	0.00463
+NO.PROY	33.33%	0.03704
+TRANSFER	33.33%	0.00694
+CAP-REL	33.33%	0.00538

Virtual IOs for Unit NCCAR efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	71.33%	0.01427
-APORTES	28.67%	0.00143
+NO.PROY	4.64%	0.01546
+TRANSFER	4.64%	0.01159
+CAP-REL	90.73%	0.01512

Virtual IOs for Unit NCMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	33.33%	0.01667
-APORTES	66.67%	0.00011
+NO.PROY	33.33%	0.01010
+TRANSFER	33.33%	0.00049
+CAP-REL	33.33%	0.00575

### **CATEGORÍAS 1,2 Y3:**

Virtual IOs for Unit BIOTECBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	63.96%	0.01066
-APORTES	36.04%	0.00322
+NO.PROY	18.31%	0.04577
+TRANSFER	18.31%	0.00963
+CAP-REL	63.39%	0.01056

Virtual IOs for Unit ECOBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	44.11%	0.00050
-APORTES	55.89%	0.00002
+NO.PROY	1.98%	0.00011
+TRANSFER	96.03%	0.00014
+CAP-REL	1.98%	0.00046

Virtual IOs for Unit ICTABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	49.30%	0.00880
-APORTES	50.70%	0.00238
+NO.PROY	55.46%	0.05546
+TRANSFER	22.27%	0.01012
+CAP-REL	22.27%	0.00384

**AÑO 2007**

**CATEGORÍA 1:**

Virtual IOs for Unit CMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	23.18%	0.00039
-APORTES	76.82%	0.00753
+NO.PROY	23.18%	0.04636
+TRANSFER	42.85%	0.02143
+CAP-REL	33.97%	0.00653

Virtual IOs for Unit NCAMA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	22.89%	0.00229
-APORTES	77.11%	0.00426
+NO.PROY	54.21%	0.03872
+TRANSFER	22.89%	0.01205
+CAP-REL	22.89%	0.00432

Virtual IOs for Unit NCCAR efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	48.40%	0.01100
-APORTES	51.60%	0.00266
+NO.PROY	33.33%	0.08333
+TRANSFER	33.33%	0.00855
+CAP-REL	33.33%	0.00476



Virtual IOs for Unit NCMAZ efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	66.67%	0.03333
-APORTES	33.33%	0.00006
+NO.PROY	33.33%	0.01149
+TRANSFER	33.33%	0.00157
+CAP-REL	33.33%	0.00585

### **CATEGORÍAS 1, 2 Y 3:**

Virtual IOs for Unit ARBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	85.06%	0.00024
-APORTES	14.94%	0.00001
+NO.PROY	0.52%	0.00002
+TRANSFER	98.97%	0.00014
+CAP-REL	0.52%	0.00009

Virtual IOs for Unit GENBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	60.54%	0.03027
-APORTES	39.46%	0.00429
+NO.PROY	39.46%	0.09864
+TRANSFER	0.00%	0.00005
+CAP-REL	60.54%	0.01211

Virtual IOs for Unit ICTABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	28.84%	0.00451
-APORTES	71.16%	0.00671
+NO.PROY	42.33%	0.02490
+TRANSFER	28.84%	0.02060
+CAP-REL	28.84%	0.00489

Virtual IOs for Unit IDEABTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	55.58%	0.01112
-APORTES	44.42%	0.00027
+NO.PROY	20.19%	0.01836
+TRANSFER	59.62%	0.00537
+CAP-REL	20.19%	0.00348

Virtual IOs for Unit IEPRIBTA efficiency 100.00% radial

VARIABLE	VIRTUAL IOs	IO WEIGHTS
-HRSDOC	43.88%	0.00348
-APORTES	56.12%	0.00203
+NO.PROY	4.72%	0.01573
+TRANSFER	90.56%	0.00924
+CAP-REL	4.72%	0.00070

De tal manera que ha quedado comprobada la robustez del modelo puesto que ningún peso de las entradas y/o las salidas asume el valor de cero.

#### 4.5.3 Análisis de los resultados

Ya teniendo claro que los resultados obtenidos del modelo son robustos y las bondades del modelo con unidades categorizadas, es necesario analizar estos resultados.

En primera instancia se presenta en la Tabla 18. la estratificación de los resultados obtenidos.

Tabla 18. Estratificación de los resultados Modelo Categorizado CRS-OO

Rango de Eficiencia (%)	Número DMU's					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
≤ 39.99	5	8	5	3	6	2
40 - 59.99	6	5	9	4	4	4
60 - 79.99	3	5	3	8	5	9
80 - 99.99	5	2	3	6	4	6
100	4	9	10	7	9	9
ND	8	2	1	3	3	1

De la tabla de estratificación se observa que en 4 de los 6 años estudiados (2003, 2004, 2006 y 2007) el mayor número de unidades se encuentran ubicadas en 100%, es decir son eficientes. Para el año 2002 se presenta una gran acumulación (35.5%) de unidades en los dos rangos de índices más bajos, pero también es necesario aclarar que en este año hay un alto número de unidades que no tienen datos ND (25.8%). En el año 2003 el 35.5% de las unidades están en los dos más altos niveles de eficiencia; para 2004, 2005 y 2006 es el 41.9% de las unidades, mientras que el 48.4% de las unidades del año 2007 están

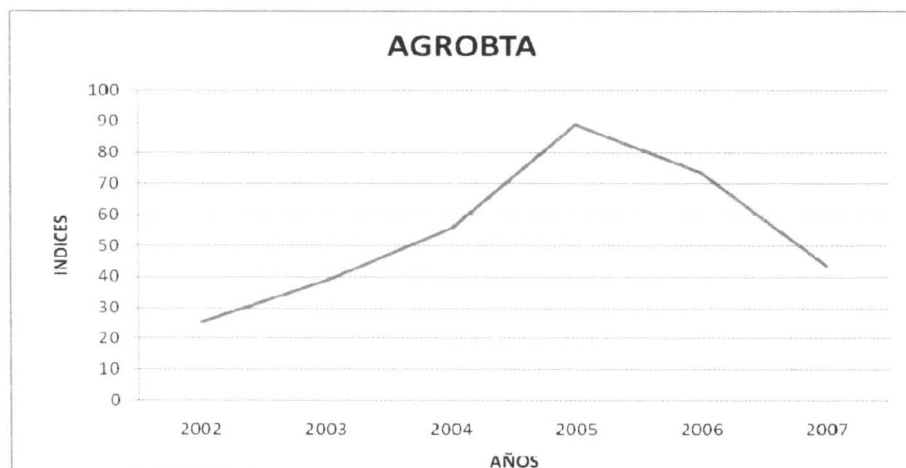
posicionadas en estos mismos dos rangos, mostrando así un buen comportamiento ya que el porcentaje aumenta.

Respecto al rango más bajo ( $\leq 39.99\%$ ), para el año 2003 están ubicadas el 25.8% de las unidades; el 16.1% para 2004; 9.7% para 2005; 19.4% para 2006 y 6.5% para el último año. Revelando así un comportamiento errático, pero que para el último año al tener el porcentaje más bajo, muestra una mejora.

Adicionalmente a este análisis, es importante mirar el comportamiento que cada una de las unidades ha tenido a lo largo de los seis años del estudio. Este análisis se realizará mediante gráficas que muestran año a año el índice de eficiencia y productividad que se ha obtenido; de esta manera se tendrá una visión global del comportamiento de cada Facultad, Instituto o Nivel Central y será más fácil tomar decisiones en procura de mejorar o mantener su desempeño.

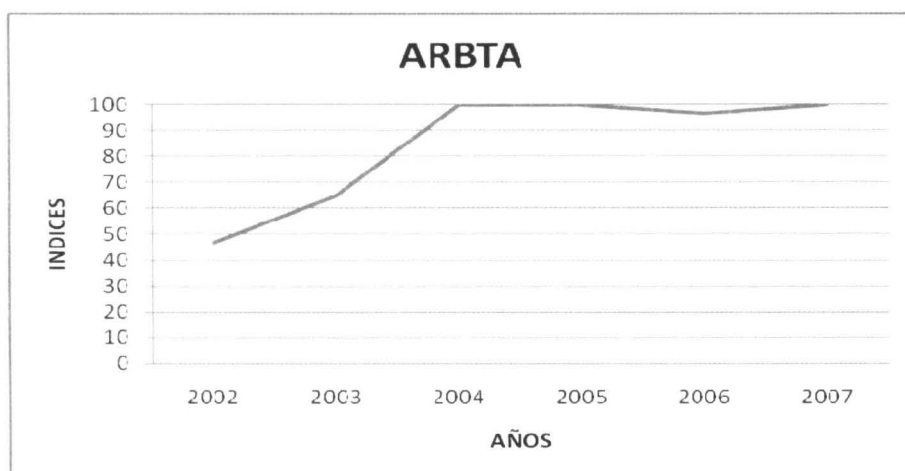
En la Figura 13. se muestra el comportamiento de la Facultad de Agronomía de la sede Bogotá, que partiendo de un nivel bastante bajo para el año 2002, logra mejorar su desempeño llegando a su nivel más alto en el año 2005 (88.98%); pero a partir de este punto hay un comportamiento sostenidamente decreciente, llegando en el año 2007 a obtener un índice de tan solo 43.70%.

Figura 13. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Agronomía Sede Bogotá.



Si la Facultad quisiese estar en un futuro próximo sobre la frontera eficiente, debe tener en cuenta a sus referentes, que para el año 2007 son: la Facultad de Artes de Bogotá (ARBTA), el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTABTA) y el Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales (IEPRIBTA); tal como se muestra en la Tabla 16.

Figura 14. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Artes Sede Bogotá.



En la Figura 14. se esquematiza el comportamiento de la Facultad de Artes de la sede Bogotá, la cual a pesar de inicialmente tener un índice por debajo de 50%, logra ser eficiente en el 2004, 2005 y 2007. Y para el año 2006 tiene un índice de 96.68% muy cercano al índice máximo. Teniendo en cuenta que es eficiente (100%) para el año 2007, es referente para los Unidades ineficientes de este año.

Mediante la Figura 15. Se muestra el comportamiento de la Facultad de Ciencias de la Sede Bogotá. Esta Facultad tiene en el año 2002 un índice que se puede catalogar como alto 86.33%, pero en los años sucesivos tiene índices muy bajos que en algunos años apenas sobrepasan el 40%. Para el año 2007 tiene como referentes a: la Facultad de Artes de Bogotá (ARBTA), el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTABTA) y el Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales (IEPRIBTA); tal como se muestra en la Tabla 16.

Figura 15. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Sede Bogotá.

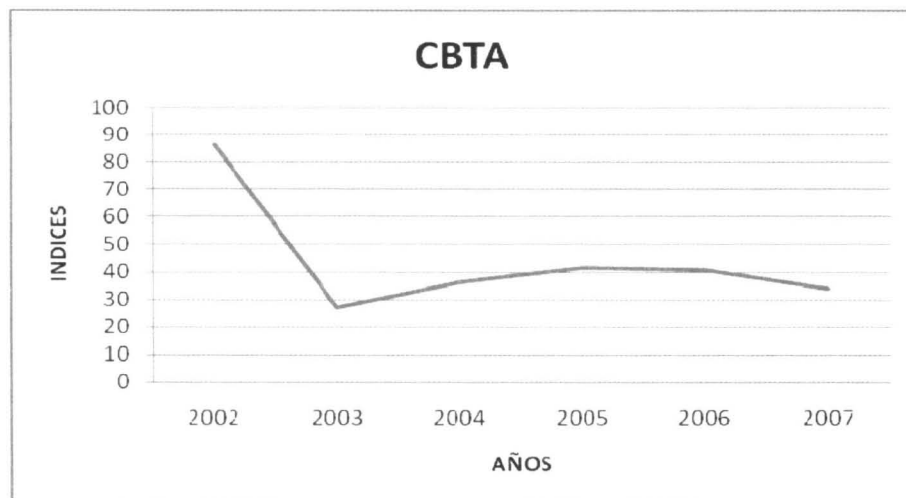
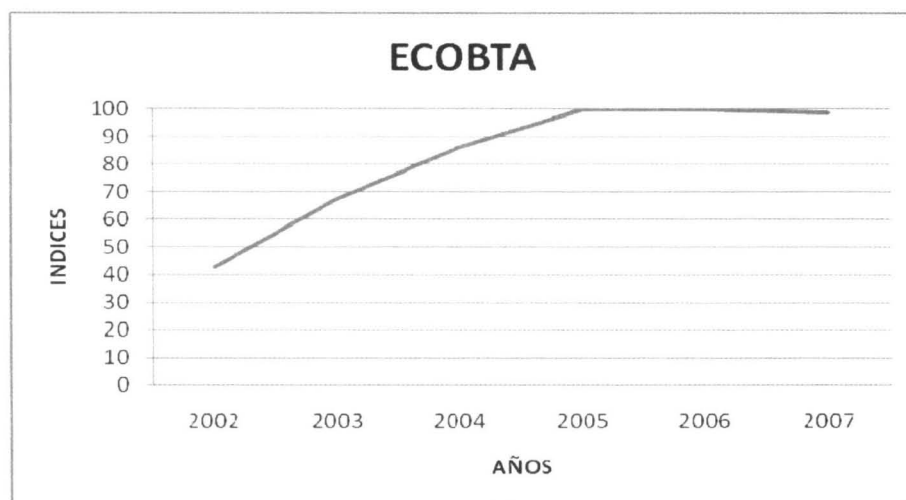


Figura 16. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Económicas Sede Bogotá.



Para la Facultad de Ciencias Económicas se tiene un comportamiento creciente que inicia desde el primer año de estudio y llega hasta el año 2005 cuando alcanza el máximo índice que se mantiene hasta el año 2007. Dado que es eficiente en este último año sería posible que fuese referente para aquellas unidades que son ineficientes.

La facultad de Ciencias Humanas, Figura 17., tiene un comportamiento que genéricamente se puede catalogar como creciente, empezando con índice cercano a 20% y terminando con un índice mayor a 90%

Figura 17. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Humanas Sede Bogotá.

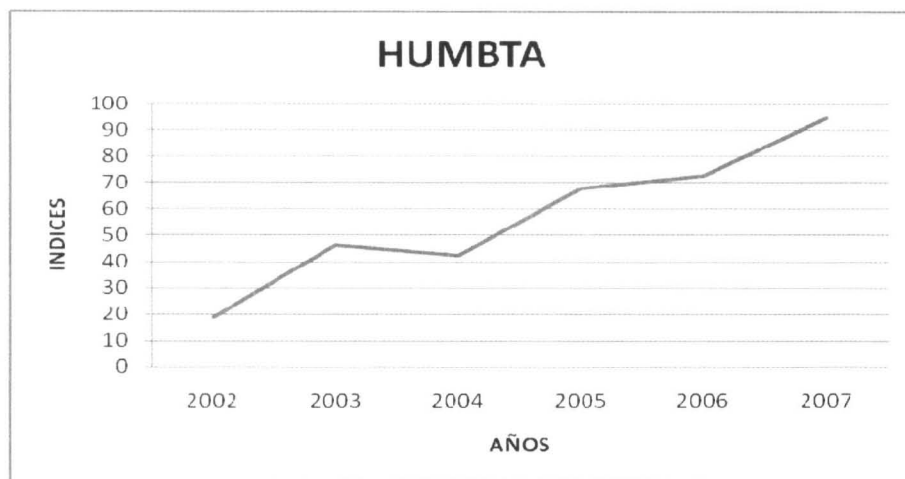
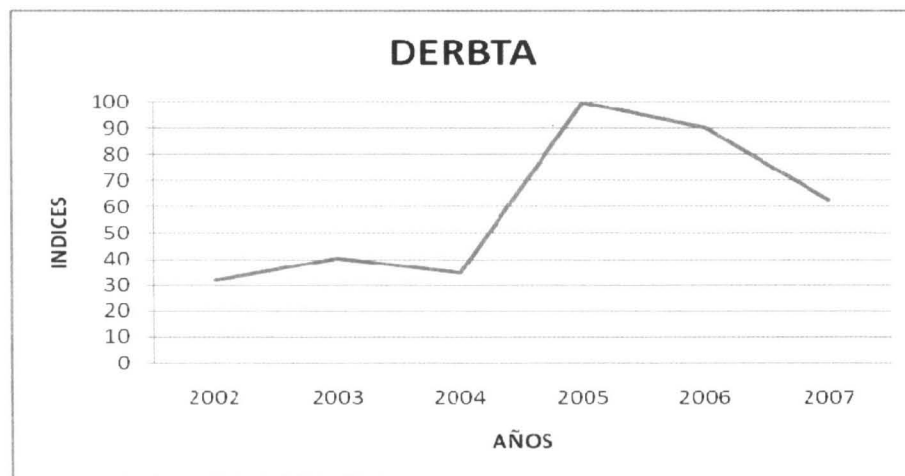
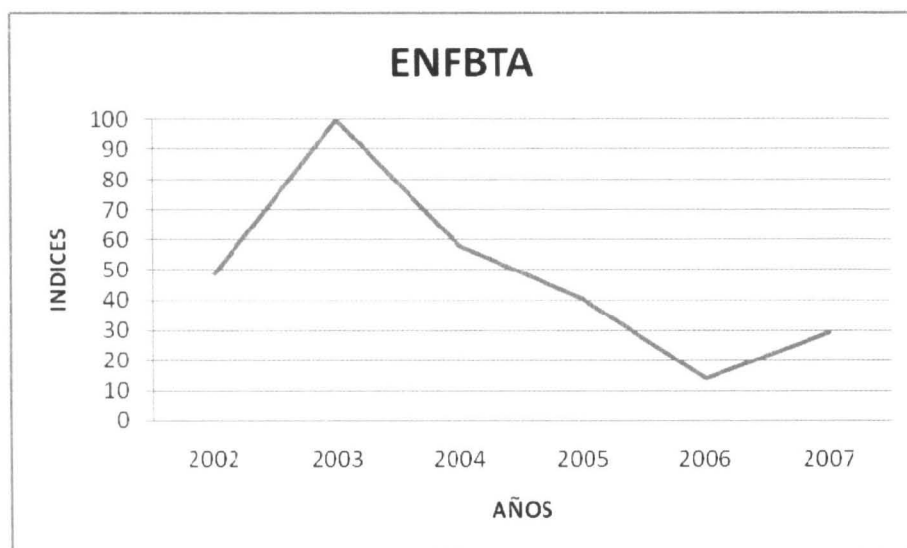


Figura 18. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Derecho y Ciencias Políticas Sede Bogotá.



La Facultad de Derecho y Ciencias Políticas durante los primeros años tiene índices por debajo del 50%, en el año 2005 es eficiente y luego empieza un comportamiento decreciente. Las Unidades referenciales de esta Facultad son: la Facultad de Artes de Bogotá (ARBTA) y el Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales (IEPRIBTA).

Figura 19. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Enfermería Sede Bogotá.



El comportamiento de la Facultad de Enfermería a través de los años bajo estudio es inicialmente creciente hasta llegar a ser eficiente en el año 2003, de ahí en adelante es decreciente hasta llegar a 13.96% en el año 2006, luego tiene una pequeña recuperación. Pero es evidente que tiene que mejorar su desempeño, su referente para el año 2007 es el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTABTA).

En la Figura 20. Se observa el comportamiento de la Facultad de Ingeniería de la Sede Bogotá el cuál casi que permanentemente es creciente, partiendo de 15.49% y llegando a 85.11% en el año 2007; esto quiere decir que progresivamente ha mejorado su desempeño en los últimos años a partir de 2004. Sus referentes son: la Facultad de Artes de Bogotá (ARBTA), el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTABTA) y el Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales (IEPRIBTA); tal como se muestra en la Tabla 16.

Figura 20. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ingeniería Sede Bogotá.

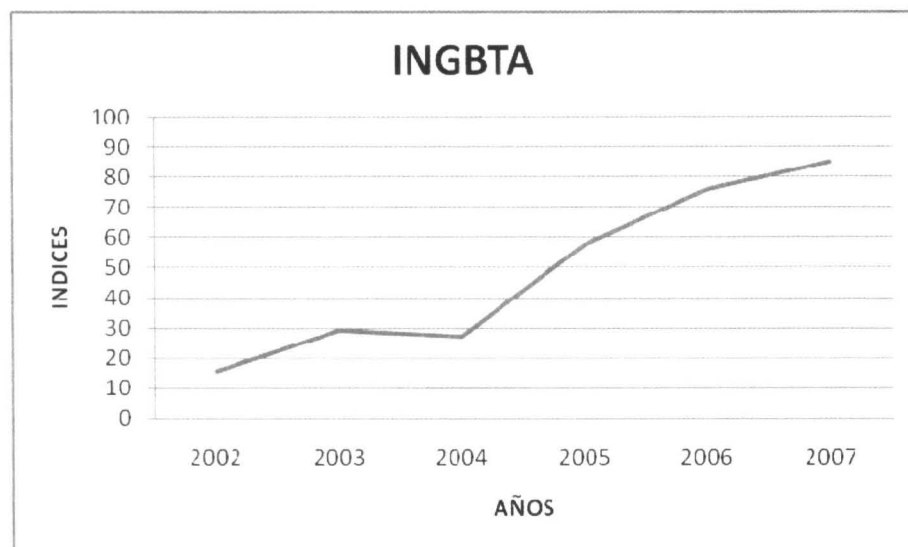
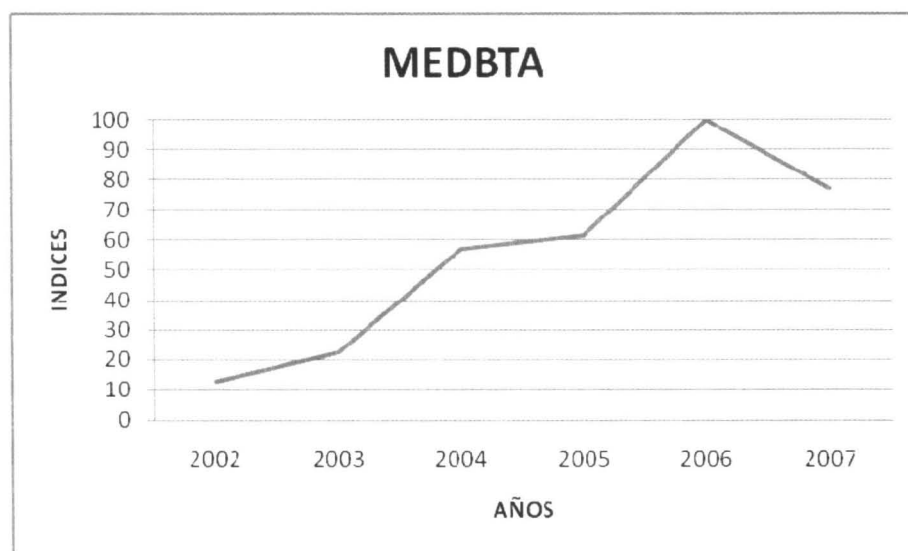


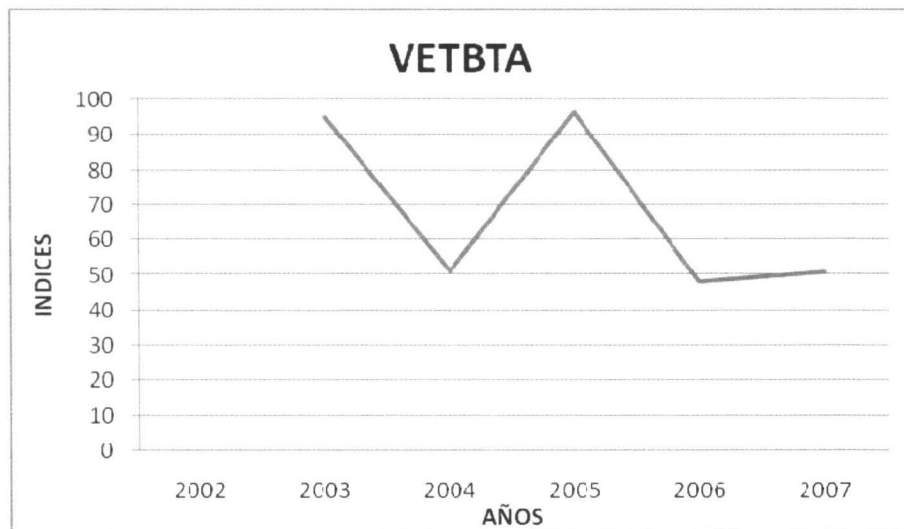
Figura 21. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Medicina Sede Bogotá.





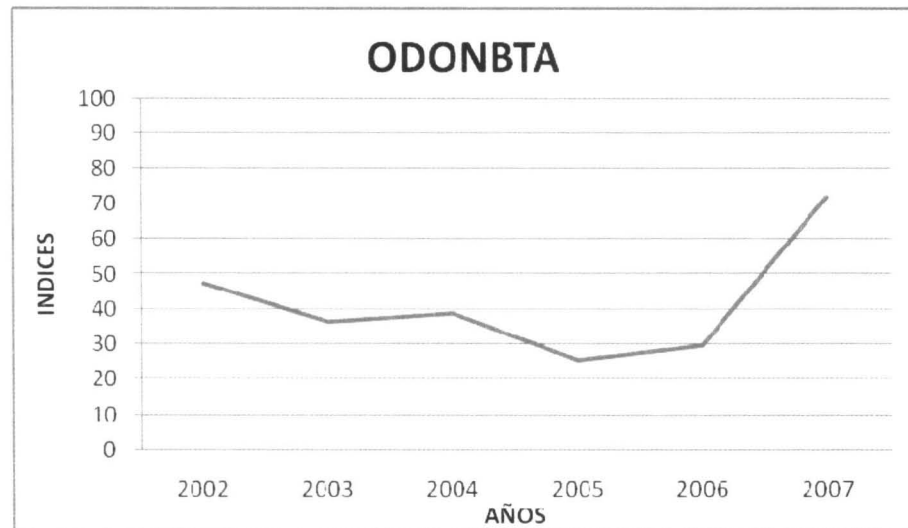
La Facultad de Medicina inicia con un índice supremamente bajo 12.76% y tienen un comportamiento creciente hasta llegar a 99.74% en el año 2006, para luego caer a 77.18% para el último año. Sus referentes para el último año son: la Facultad de Artes de Bogotá (ARBTA), el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTABTA) y el Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales (IEPRIBTA); tal como se muestra en la Tabla 16.

Figura 22. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Medicina Veterinaria Sede Bogotá.



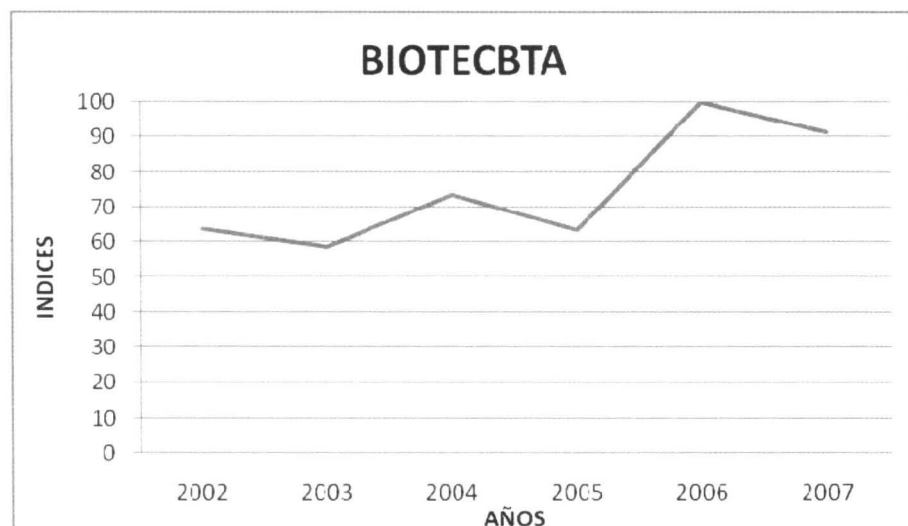
Esta Facultad tiene datos a partir del año 2003 empezando con un índice bastante alto cercano a 100% que lo vuelve a tener dos años después, pero en los años 2004, 2006 y 2007 tienen índices al rededor del 50%. Dando así genericamente un comportamiento errático. Sus referentes para el año 2007 son: el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTABTA) y el Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales (IEPRIBTA); tal como se muestra en la Tabla 16.

Figura 23. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Odontología Sede Bogotá.



La Facultad de Odontología inicialmente muestra un comportamiento en términos generales decreciente y por debajo del 50%, solo en el año 2007 muestra un índice en algo mejor. De todas maneras es evidente que necesita mejorar su desempeño, sus referenciales para el año 2007 son: el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTABTA) y el Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales (IEPRIBTA).

Figura 24. Índices de eficiencia y productividad Instituto de Biotecnología Sede Bogotá.



El instituto de Biotecnología tienen un comportamiento con picos pero globalmente creciente hasta llegar a ser eficiente en el año 2006 y luego tiene un leve descenso. Es importante que determine entonces el acercamiento a sus fererentes del año 2007: el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTABTA), Instituto de Genética (GENBTA) y Nivel Central Arauca (NCCAR).

Figura 25. Índices de eficiencia y productividad Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Sede Bogotá.

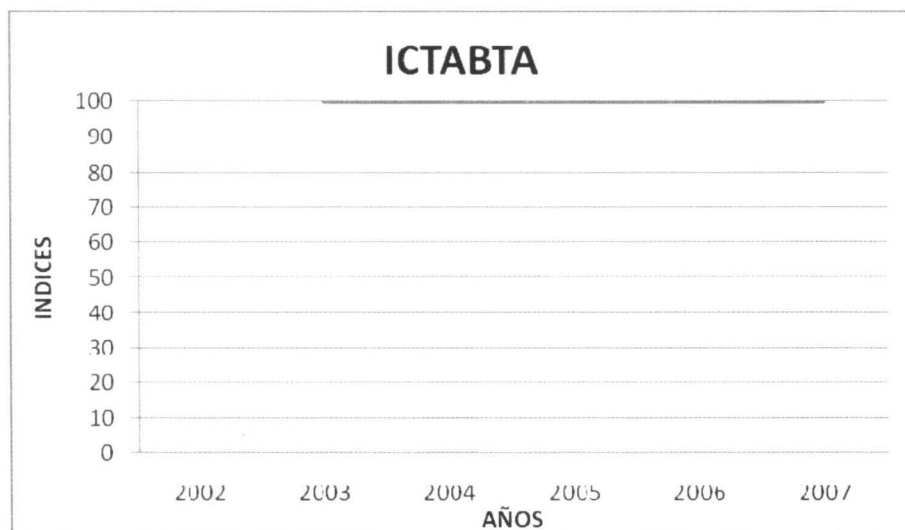
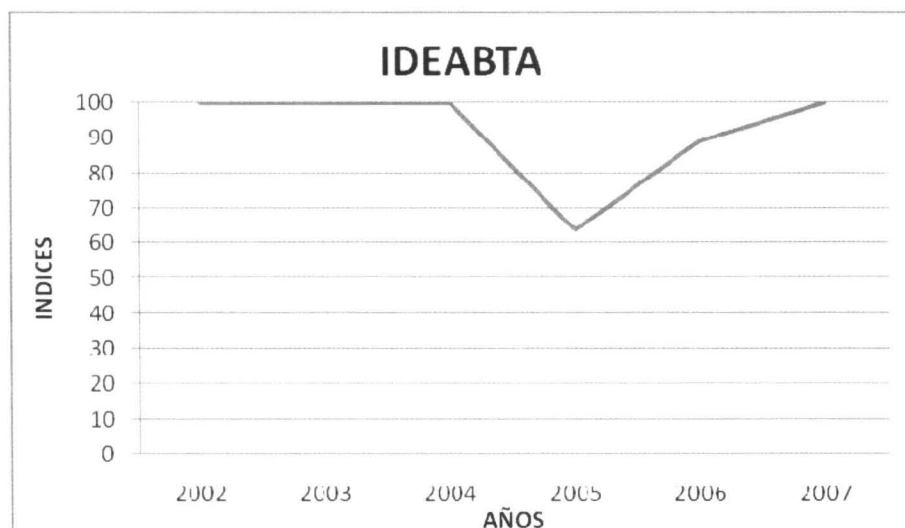


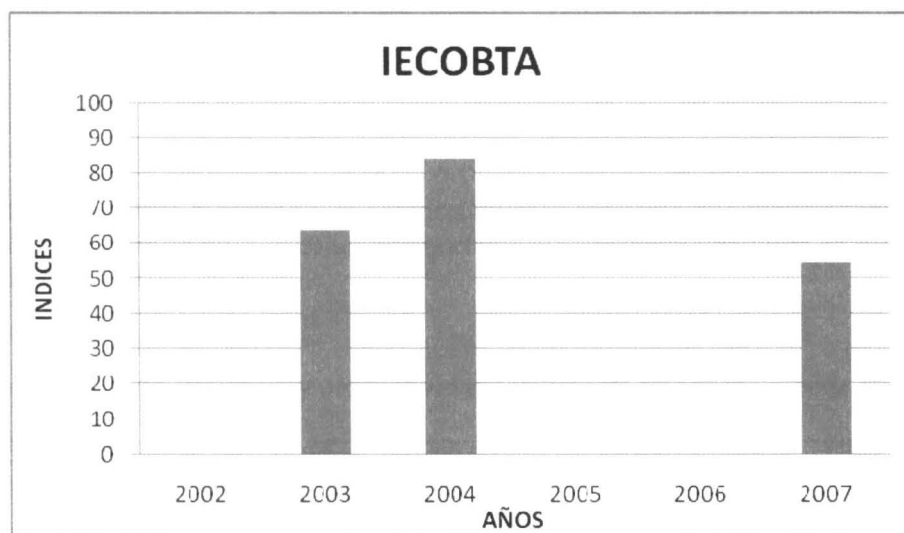
Figura 26. Índices de eficiencia y productividad Instituto de Estudios Ambientales Sede Bogotá.



En la Figura 25. Se muestra el comportamiento del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la sede Bogotá, el cual tiene datos a partir del año 2003, mostrando un comportamiento para el resto de los años como eficiente (100%). Por tal motivo será referente de algunas de las Unidades ineficientes.

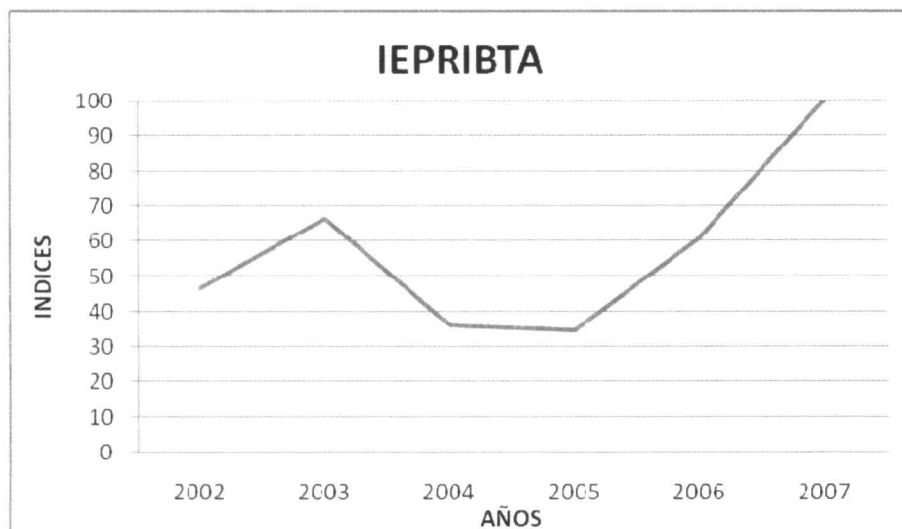
El Instituto de Estudios Ambientales de la Sede Bogotá partió siendo eficiente y se mantuvo así durante tres años, para el 2005 experimentó una caída a 63.84%, para luego recuperarse y llegar ser nuevamente eficiente en el año 2007; según Figura 26.

Figura 27. Índices de eficiencia y productividad Instituto de Estudios de Comunicación y Cultura Sede Bogotá.



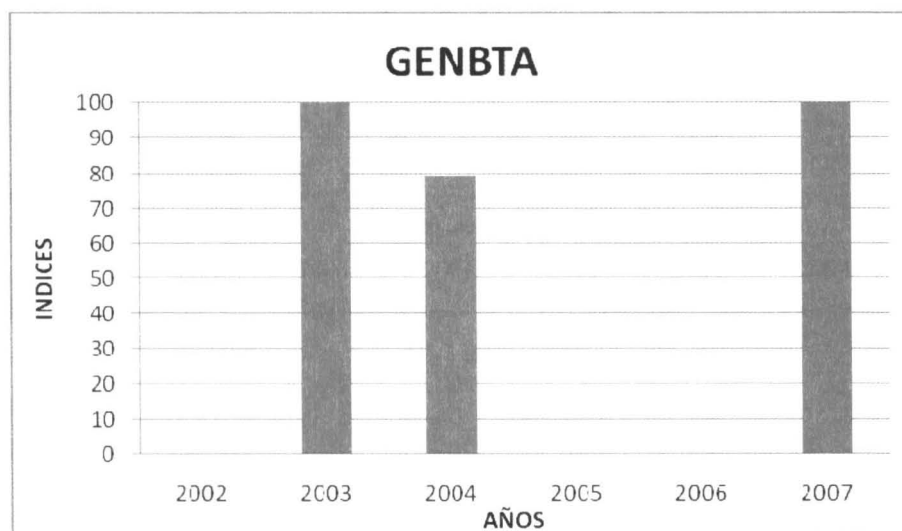
Este instituto no tiene datos para los años 2002, 2005 y 2006, por esta razón la Figura 27. se presenta en barras para los años con datos. Se muestra un comportamiento irregular, con un índice para el año 2007 de 54.54%. Sus referentes para este año son: el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTABTA) y el Instituto de Genética (GENBTA).

Figura 28. Índices de eficiencia y productividad Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales Sede Bogotá.



Este Instituto empieza mostrando un comportamiento creciente que luego se invierte hasta el año 2005, a partir de allí tienen un comportamiento creciente que toma su máximo en el año 2007 con un índice de 100%.

Figura 29. Índices de eficiencia y productividad Instituto de Genética Sede Bogotá.



Este Instituto no tiene datos para los años 2002, 2005 y 2006, por esta razón la gráfica se presente con barras para los años con datos; demostrando que es eficiente para los años 2003 y 2007, es decir para dos de los tres años para los cuales tiene datos.

En la Figura 30. se observa el comportamiento de la Facultad de Arquitectura de la Sede Medellín, esta unidad hace parte de la categoría dos y se compara con las de su categoría y con las unidades que pertenecen a la categoría uno. Tienen un pico en el año 2004 cuando es eficiente y en los años 2003 y 2006 que tiene índices por debajo de 30%, denotando así un comportamiento bastante diferencial de año a año y terminando con un índice de 45.20%. Sus referenciales para el año 2007 son: el Nivel Central de la Sede Manizales (NCMAZ) y el Nivel Central de la Sede Caribe (NCCAR).

Figura 30. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Arquitectura Sede Medellín.

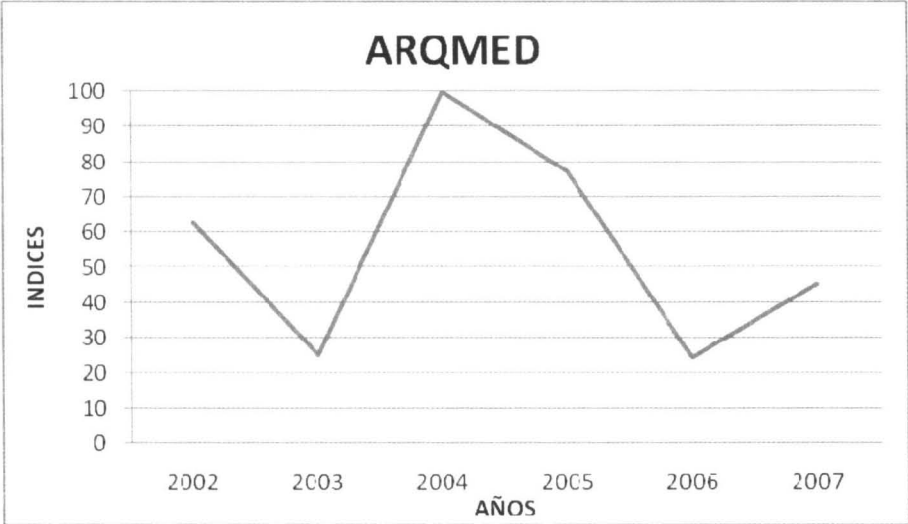
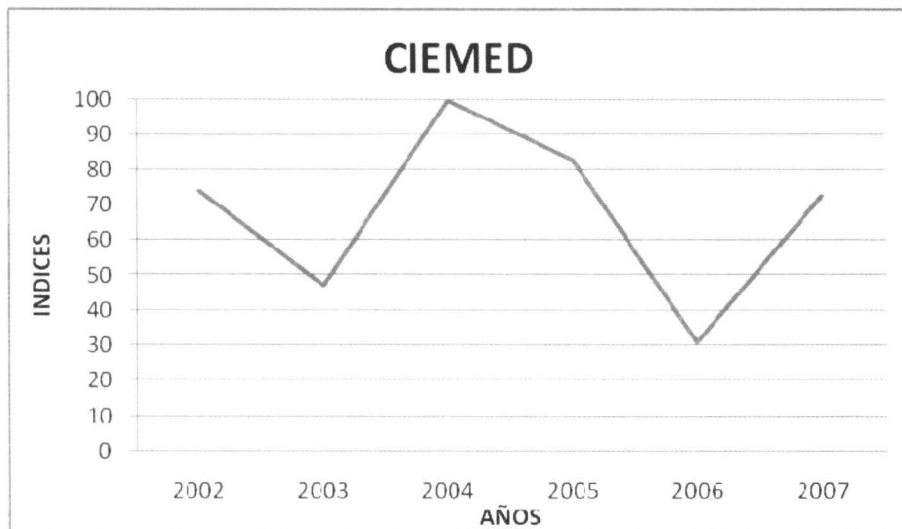
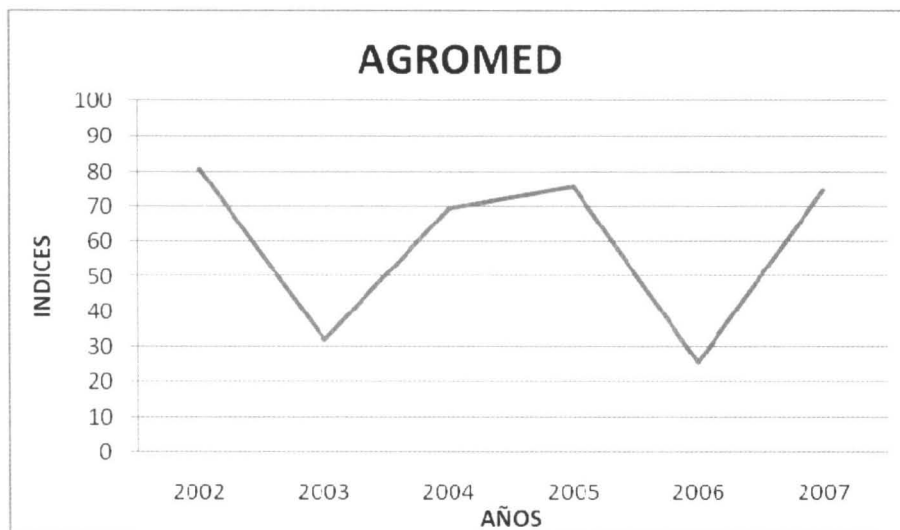


Figura 31. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Sede Medellín.



La Facultad de Ciencias de la Sede Medellín tienen un comportamiento bastante parecido al de la Facultad de Arquitectura de la misma Sede, aunque con los picos menos pronunciados, y siendo igualmente eficiente en el año 2004. Sus referenciales para el año 2007 son: la Facultad de Ciencias Sede Manizales (CMAZ) y el Nivel Central Sede Caribe (NCCAR).

Figura 32. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Agropecuarias Sede Medellín.



Esta Facultad también tiene un comportamiento de picos pero no llega a ser eficiente para ninguno de los años, su referencial para el año 2007 es: el Nivel Central de la Sede Caribe (NCCAR).

El comportamiento de la Facultad de Ciencias Humanas de la Sede Medellín se visualiza en la Figura 33. y se puede llegar a establecer que en términos generales tiene índices bajos (para cuatro de los años), pero para el 2007 tiene 90.22%. Su referencial para esta último año es: el Nivel Central de la Sede Caribe (NCCAR).

Figura 33. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Humanas Sede Medellín.

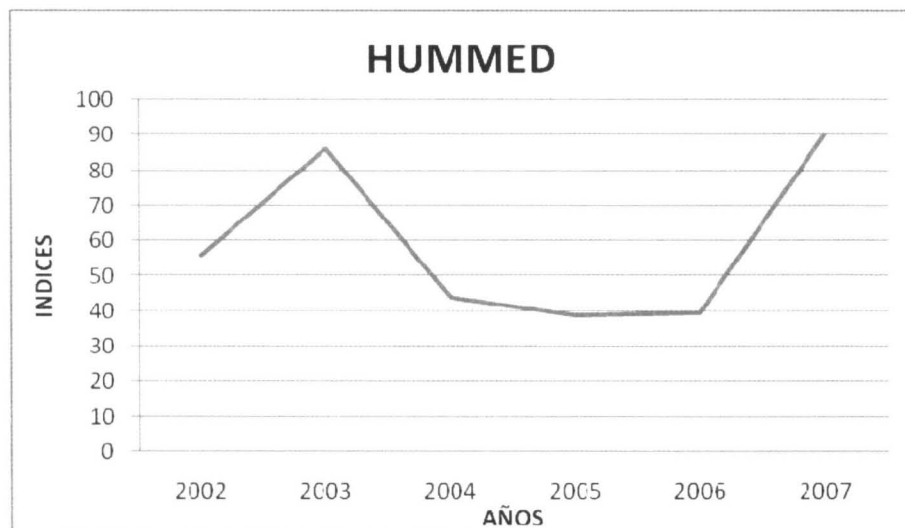
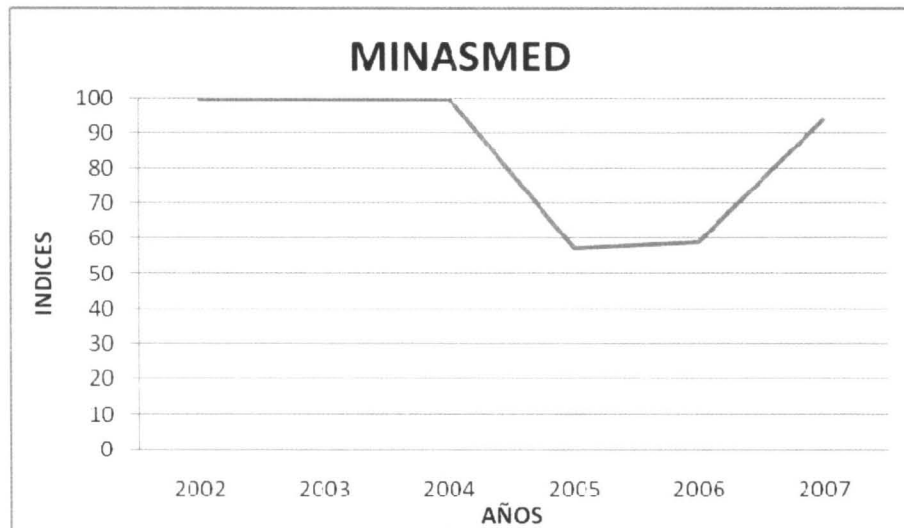


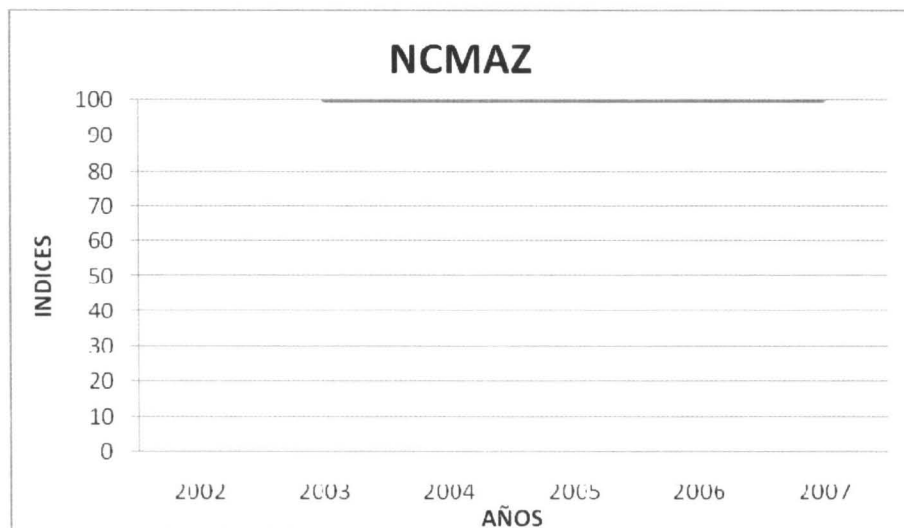


Figura 34. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Minas Sede Medellín.



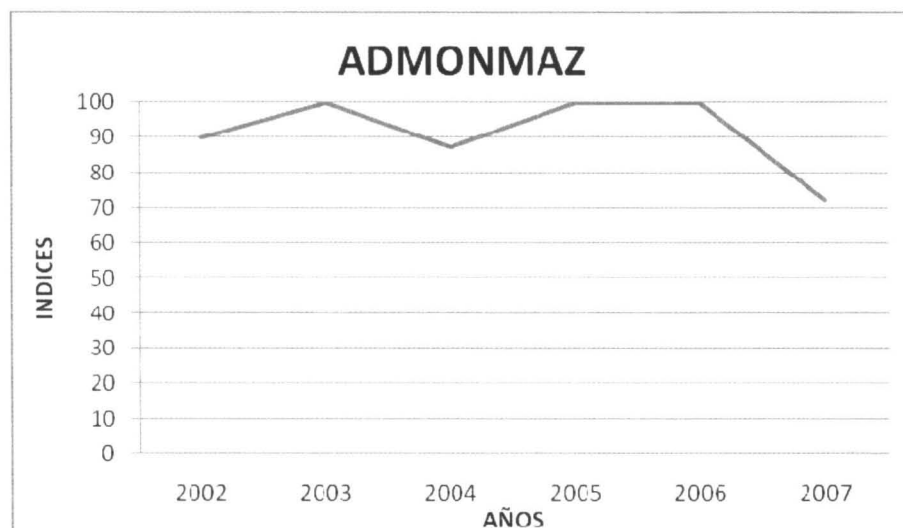
Esta Facultad parte siendo eficiente y se mantiene así durante tres años, luego el índice cae para los años 2005 y 2006; para luego recuperarse y sobrepasar el 90%. Sus referenciales son: Nivel Central de la Sede Manizales (NCMAZ) y el Nivel Central de la Sede Caribe (NCCAR).

Figura 35. Índices de eficiencia y productividad Nivel Central Sede Manizales.



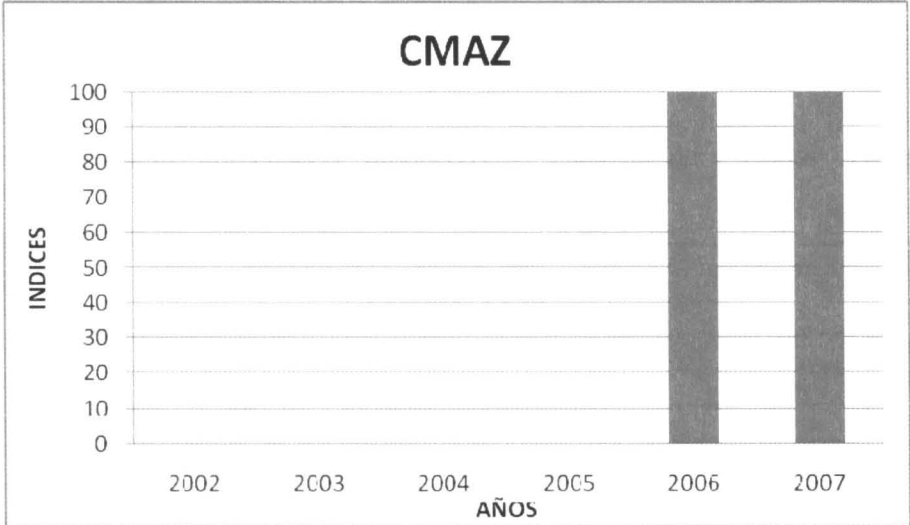
Para esta Unidad no hay datos del año 2002, y para todos los años restantes el índice es del 100%; de tal manera que será referencial de unidades ineficientes. Con esta Unidad empieza la categoría uno.

Figura 36. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Administración Sede Manizales.



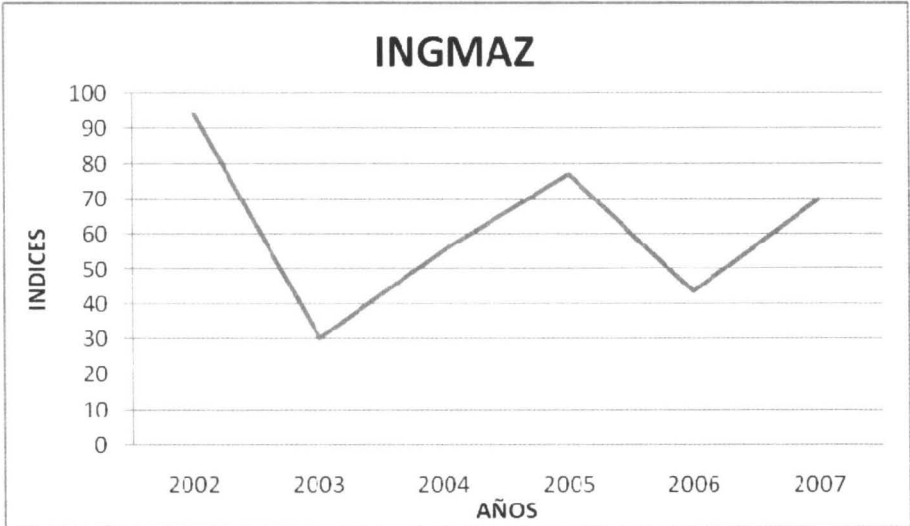
Esta Facultad es realmente de Administración y Ciencias desde el año 2002 hasta el año 2005, para el año 2006 ya aparece aparte la Facultad de Ciencias, tal vez por este motivo es el índice de 72.18% que es el más bajo. Sus referenciales son: Facultad de Ciencias Sede Manizales (CMAZ), Nivel Central Amazonia (NCAMA) y Nivel Central Caribe (NCCAR).

Figura 37. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Sede Manizales.



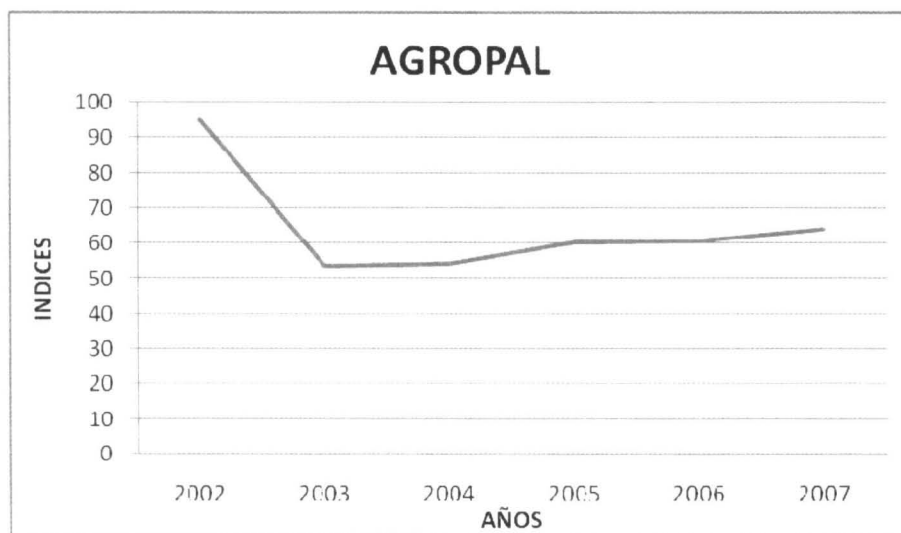
Como se dijo anteriormente esta Facultad nace en el año 2006, por esta razón solo hay datos para los años 2006 y 2007 y en estos dos años es eficiente. De tal manera que es referencial para algunas unidades ineficientes.

Figura 38. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ingeniería y Arquitectura Sede Manizales.



Esta Facultad empieza con índice bastante alto 93.98%, luego cae a 30.40%, se recupera en algo y sigue un comportamiento errático, terminando finalmente en 69.76%. Su referencial para el año 2007 es: el Nivel Central de la Sede Caribe (NCCAR)

Figura 39. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ciencias Agropecuarias Sede Palmira.



La Facultad de Ciencias Agropecuarias es una de las dos facultades de la Sede Palmira, empieza con un índice muy alto: más de 90% y luego cae a uno muy cercano a 50% para terminar en un índice algo más alto de 60%. Su referencial del año 2007 es el Nivel Central de la Sede Amazonia (NCAMA).

La otra facultad de la Sede Palmira es la Facultad de Ingeniería y Administración que tiene datos a partir de 2003, en el año 2004 tiene un pico de 50.62%, para más tarde en el año 2006 ser eficiente y luego para el último año caer a 70.79%. Esto se muestra en la Figura 40. Sus referenciales para el año 2007 son: la Facultad de Ciencias Manizales (CMAZ), el Nivel Central de la Sede Amazonia (NCAMA) y Nivel Central sede Caribe (NCCAR).

Las Sedes de Presencia Nacional, así llamadas por lo que están relativamente cerca a diferentes fronteras de Colombia, son tres y revisten a cada momento mayor importancia puesto que desde hace un año atrás se dio inicio a lo que se ha llamado el programa de estudiantes de movilidad; el cual consiste en que los interesados presentan el examen de admisión a la Universidad para ser admitidos inicialmente por cada una de estas sedes,

cursan uno o dos semestres en la Sede de Presencia Nacional y luego se desplazan a continuar sus estudios en alguna de las facultades de otra de las sedes, con la condición que deben regresar a la Sede de Frontera para adelantar su tesis para graduarse.

Figura 40. Índices de eficiencia y productividad Facultad de Ingeniería y Administración Sede Palmira.

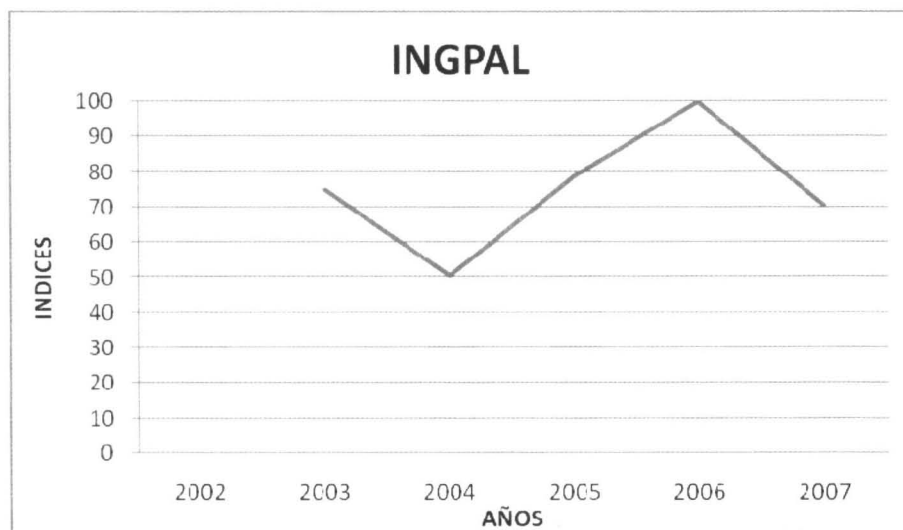
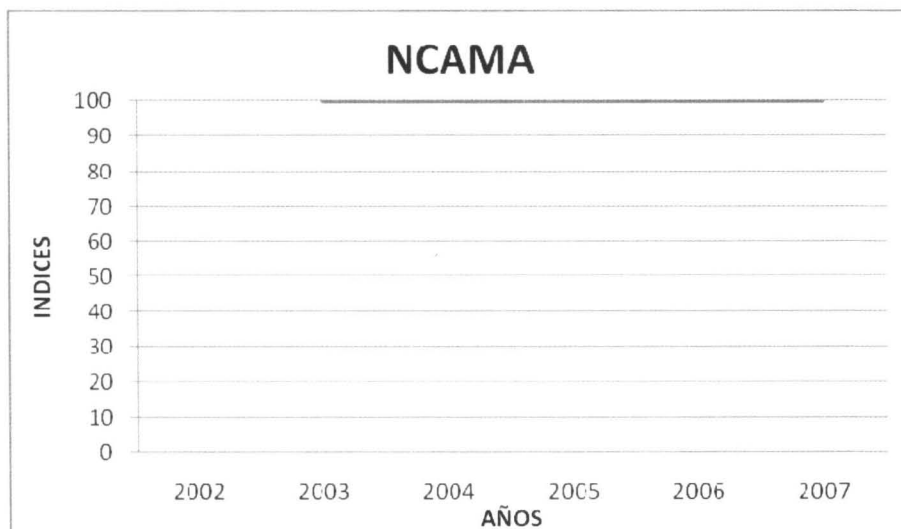
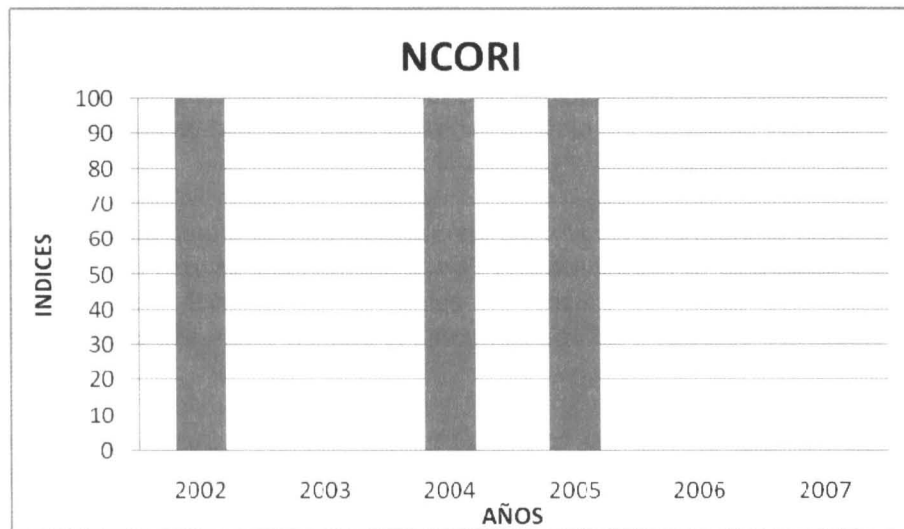


Figura 41. Índices de eficiencia y productividad Nivel Central Sede Amazonia.



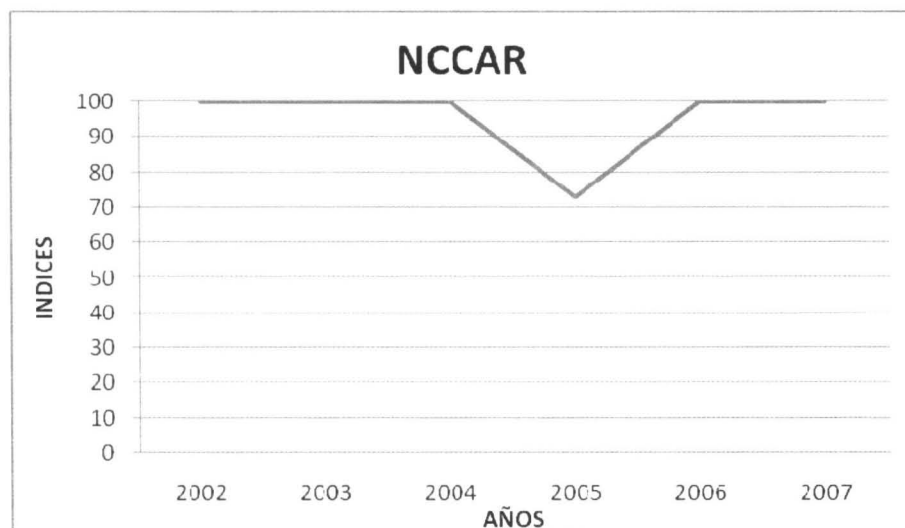
Esta Unidad tiene datos desde el año 2003 y su índice siempre es del 100%. De tal manera que es referencial para unidades ineficientes.

Figura 42. Índices de eficiencia y productividad Nivel Central Sede Orinoquia.



Esta Sede solo tiene datos para los años 2002, 2004 y 2005. Para estos años es eficiente.

Figura 43. Índices de eficiencia y productividad Nivel Central Caribe.



Esta Unidad no es eficiente solo en el año 2005.

#### 4.6 PROPUESTA

A través de esta investigación ha quedado clara la naturaleza integral y multifacética de la Función de Extensión en la Universidad Nacional de Colombia, y en la medida en que se quiere llegar a determinar una metodología con la cual se pueda llegar a establecer los mejores indicadores para medir el desempeño de esta Función al interior de la Universidad, se han presentado y desarrollado dos modelos que están basados no solo en las características propias de la Función de Extensión sino adicionalmente en las de la Universidad. Sin embargo el último modelo podría ser mejorado en cuanto a la inclusión de otras variables adicionales que mejorarían el cubrimiento de aspectos importantes a evaluar y que en esta ocasión no han sido incluidos en el modelo por no contar con datos.

Efectivamente, el no contar con información no debería ser una muralla infranqueable para mejorar un modelo; pero es una realidad que se vive día a día. Por esta razón esta propuesta recoge aspectos que deberían ser incluidos en procura de contar con indicadores que reflejen cada vez de una mejor manera el desempeño de las diferentes Unidades.

Los aspectos mencionados anteriormente se traducen en variables para DEA, entonces la propuesta es incluir, las siguientes variables:

- Número de metros cuadrados destinados a apoyar actividades de extensión: en algunas Facultades hay espacios reservados para apoyar todo lo que tiene relación con extensión, por ejemplo lugares para recibir y hacer llamadas a las diferentes entidades, lugares donde los asistentes y/o funcionarios adelantan como tal los proyectos de extensión. De tal manera que sería necesario contar con la colaboración de los diferentes Decanos para levantar esta información y mantenerla actualizada. Esta variable es importante reconocerla puesto que esto facilitaría el efectivamente conseguir contratos y adelantarlos, puesto que se tendría un lugar previamente establecido que facilitaría las labores. Las unidades de esta variable serían: metros cuadrados. Y sería una entrada.
- Número de personal administrativo dedicado a labores generales de apoyo para las actividades de extensión: en el punto anterior se hacía mención a espacios físicos, pero si adicionalmente se tiene personal que facilita la consecución de los contratos; muy seguramente existirá una mayor motivación para los profesores y se podría generar entonces mayor número de contratos; se dedicarían a hacer labores de apoyo, como por ejemplo: contactar telefónicamente a los profesores con las personas en las diferentes empresas y organizaciones, recibir y elaborar cartas y oficios, etc. Las unidades de esta variable: número (de personas). Se debe incluir como una entrada.

- Número de estudiantes auxiliares involucrados en proyectos de extensión: Teniendo en cuenta que la Universidad como pública tiene estudiantes prioritariamente de escasos recursos, uno de los principales programas de la Universidad debería ser el facilitarles el conseguir fuentes de recursos acudiendo a cada una de sus disciplinas. Efectivamente el participar en el desarrollo de proyectos de extensión les estaría brindando la posibilidad no solo de tener experiencia laboral en su campo disciplinar, sino adicionalmente el obtener recursos económicos que como se dijo, son escasos en la mayoría de los casos. De tal manera que también se estaría incentivando el hecho de contratar estudiantes para desarrollar buena parte de los proyectos, cumpliendo así con el sentido social que debe estar presente en el devenir de una Universidad pública en un país como Colombia; en el cual una gran cantidad de personas tienen difíciles condiciones económicas. Ahora bien, teniendo en cuenta que hay diferentes formas de contratación en cuanto a tiempo de dedicación, y que se está haciendo mención a estudiantes; difícilmente tendrán una dedicación de tiempo completo dado que deben dedicarse no solo a laborar en el proyecto sino adicionalmente se deben dedicar a estudiar. De tal manera que la variable más que número de estudiantes debe ser número de horas de estudiantes auxiliares dedicadas a desarrollar proyectos de extensión. Las unidades de esta variable: número (de horas de estudiantes auxiliares). Se debe incluir como salida.

En resumen, se está entonces proponiendo un modelo que se debe trabajar con las mismas DMU's establecidas; y en el cual existen cuatro entradas y cuatro salidas:

Entradas:

- 1) Horas de dedicación de los docentes.
- 2) Aportes.
- 3) Metros cuadrados.
- 4) Número de personas de apoyo.

Salidas:

- 1) Número de proyectos.
- 2) Transferencias.
- 3) Capital Relacional.
- 4) Número de estudiantes auxiliares vinculados a proyectos de extensión.

Adicionalmente se está aprovechando una de las ventajas de DEA: el poder contemplar variables con diferentes unidades tanto en las entradas como en las salidas.



## 5. CONCLUSIONES

El estudio de la eficiencia y su medición son temas que desde hace cientos de años atrás se han venido desarrollando y sea cual sea el ángulo desde el cual se estudien, ha quedado claro la gran preocupación que estos temas han generado.

Desde diferentes ángulos se han realizado diversos desarrollos en procura de llegar a determinar de la mejor manera posible la medición de la eficiencia y la productividad, este trabajo ha recogido los principales métodos modernos ilustrando al lector sobre ellos.

Las actividades de extensión al interior de la Universidad Nacional se han venido normalizando desde los años ochentas y las Facultades han desplegado esfuerzos para lograr desarrollar esta actividad pretendiendo ponerla al mismo nivel de las actividades de docencia e investigación. Esta tesis doctoral contribuye al desarrollo de lo que hoy se llama, al interior de la Universidad, la Función de Extensión; puesto que aporta una metodología innovadora para establecer indicadores de medición de la eficiencia y la productividad con las cuales las diferentes Unidades desarrollan estos esfuerzos.

Estos indicadores DEA cuentan con la virtud de aportar en un solo número, en términos porcentuales, la medida de la eficiencia con la cual se realizan las actividades de extensión en las Facultades, Institutos y Niveles centrales. Pero al mismo tiempo incluyendo toda una diversidad de aspectos, traducidos en las entradas y las salidas, considerados como fundamentales para ser evaluadas dentro del contexto de la eficiencia y la productividad. Teniendo estos indicadores como base se podrán tomar decisiones de mejor manera en pro de consolidar definitivamente la Función de Extensión al interior de la Universidad nacional de Colombia.

Los resultados generados por esta investigación en cuanto a la medición de la eficiencia relativa de las diferentes Facultades, Institutos y Niveles Centrales que realizan actividades de Extensión en la Universidad Nacional de Colombia, deben servir como dinamizadores de políticas que incentiven la realización de esta actividad al interior de la Universidad.

El mejorar el desempeño de la Función de Extensión al interior de la Universidad Nacional de Colombia equivale, inicialmente, a mejorar el impacto que la Universidad tiene en la comprensión y solución de los problemas del país en el ámbito de las políticas públicas y privadas, en las soluciones concretas de las problemáticas de los agentes sociales y en el

desarrollo de diversas capacidades sociales que generen equidad social, mejoramiento de calidad de vida y progreso en la convivencia democrática.

El generar nuevas políticas debe provenir de la alta gerencia de la Universidad (Rectoría y Vicerreectorías) quienes al tener claro este panorama deben percatarse de la necesidad de mejorar el desempeño de todas las Facultades y/o Institutos para que la Universidad realmente pueda ser líder en cuanto al entendimiento y solución de problemas de tipo social que sufre nuestra comunidad más cuando este centro educativo público, por ser el más importante del país, está llamado a liderar este tipo de actividades.

Pero adicionalmente los directores de todas las Facultades e Institutos deben encaminar esfuerzos para asegurar el mejor aprovechamiento de los recursos existentes en el sentido de buscar y desarrollar proyectos dando soluciones a las problemáticas de tipo nacional, regional o local; adicionalmente lograr el interés y compromiso de los profesores para participar decididamente en todas las actividades que tengan relación con extensión. Es entonces evidente que en la propuesta de modelo se tenga en cuenta aspectos que apoyen administrativamente las acciones de extensión en procura de colocar a disposición de los profesores las mayores facilidades para así lograr un avance en el desarrollo de la Función de Extensión.

Es importante el resaltar que esta metodología se puede aplicar adicionalmente al interior de las Facultades para establecer los indicadores teniendo como Unidades de decisión, por ejemplo, a los Departamentos y/o Escuelas. Este sería un paso bien importante buscando mejorar el desempeño desde los lugares básicos donde se encuentra fundamentalmente adscritos los profesores, quienes son en últimas quienes consolidan los diferentes proyectos que luego son desarrollados y culminados con la participación de ellos.

Ahora bien, esta metodología también es plausible aplicarla en la esfera nacional considerando a las Universidades como DMU's; de tal manera que se podría llegar a establecer indicadores a nivel nacional en procura de generar no solo un avance en el aspecto de la evaluación, sino adicionalmente una sana competencia dentro de las Universidades. Todo lo anterior teniendo en cuenta los esfuerzos que desde las diferentes organizaciones se han adelantado por consolidar una metodología que por una parte recoja los aspectos fundamentales a evaluar y por otra asegure una comparación equitativa en un escenario igual para todas las Facultades.

Teniendo en cuenta que la internacionalización es un aspecto de vital importancia y que este pensamiento no solo debe estar vigente al interior de la Universidad Nacional de Colombia; sino que debe ser un objetivo compartido por todo un país; y que la comparación del desempeño es hoy en día una forma importante de generar desarrollo, la aplicación de la

metodología desarrollada en la esfera internacional reportaría múltiples beneficios no solo para Colombia sino para los otros países que serían objeto de estudio.

## BIBLIOGRAFIA

ABBOTT, C. y DOUCOULIAGOS. The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis. En: Economics of Education Review. Vol. 22, (2003); p. 89–97.

ACKOF, Russell Lincoln. y SASIENI, Maurice W. Fundamentos de la Investigación de Operaciones. México: Limusa, 1982. 502 p.

AFRIAT, S. N. Efficiency estimation of production functions. En: International Economic Review. Vol. 13, No. 3 (1972); p. 568-598.

AIGNER, Dennis J. y CHU, S.F. On estimating the industry production function. En: The American Economic Review. Vol. 58, No. 4 (1968); p. 826-839.

AIGNER, Dennis J.; KNOX LOVELL, C. A. y SCHMIDT, Peter. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. En: Journal of Econometrics. Vol. 6, (1977); p. 21-37.

ALCAIDE INCHAUSTI, Angel y ALVAREZ VÁZQUEZ, Nelson. Econometría: Modelos deterministas y estocásticos. Madrid: Ramón Areces, 1992. v. 1 Teoría 585 p.; v. 2 aplicaciones 417 p.

ALI, Agha Iqbal y LERME, Catherine Sylvie. Comparative advantage and disadvantage in DEA. En: Annals of Operations Research. Vol. 73, (1997); p. 215-232.

ALLEN, R.; ATHANASOPOULOS, A.; DYSON, R.G. y THANASSOULIS, E. Weights restrictions and value judgments in data envelopment analysis: evolution, development and future directions. En: Annals of Operations Research. Vol. 73, (1997); p.13-34.

ALVAREZ Pinilla, Antonio. (coord.)(2001): La medición de la eficiencia y la productividad. Madrid: editorial Pirámide, 2001. 363 p.

ARCELUS, F.J. y AROZENA, P. Convergence and productive efficiency in fourteen OECD countries: a non-parametric frontier approach. En: International Journal of Production Economics. Vol. 66, No. 2 (2000); p. 105- 117.

-----, Productivity differences across OECD countries in the presence of environmental constraints. En: Journal of the Operational Research Society. Vol 56, No. 12 (2005); p. 1352 - 1362.

ARCELUS, F.J. y COLEMANS, D.F. An efficiency review of university departments. En: International Journal of Systems Science. Vol. 28, (1977); p. 721-729.

ARCELUS, F.J.; SHARMA, B. y SRINIVASAN, G. Foreign capital flows and the efficiency of the HDI dimensions. En: Global Economy Journal. Vol 5, No. 2 (2005); p.1- 12.

ATHANASSOPOULOS, A. y SHALE, E. Assessing the comparative efficiency of higher education institutions in the UK by means of data envelopment analysis. En: Education Economics. Vol. 5, No. 2, (1997); p.117–134.

ATHANASSOPOULOS, A., y CURRAM, S. A Comparison of Data Envelopment Analysis and Artificial Neural Networks as Tools for Assessing the Efficiency of Decision-Making Units. En: Journal Of The Operational Research Society. Vol. 47, (1996); p. 1000-1016.

AVDAKOV, Y. F. y POLIANSKI F. Y. Historia económica de los países capitalistas. México : Grijalbo, 1965. 590 p.

BANKER, R. D.; CHARNES, A., y COOPER, W. Some Models for the Estimation of Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis. En: Management Science. Vol. 30, No. 9 (1984); p.1078-1092.

BESSENT, Authella M. y BESSENT, Edgar Wailand. Determining the comparative efficiency of schools through data envelopment analysis. En: Educational Administration Quarterly. Vol. 16, No. 2 (1980); p. 57-75.

BISHOP, Christopher M. Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford: Oxford University Press, 2005. 482 p.

BITTEL, Lester Robert y NEWSTROM, John W. Lo que todo supervisor debe saber. 6 ed (4 ed. en español). México: McGraw-Hill, 1993. 534 p.

BOLES, J. N. The measurement of productive efficiency: the Farrell approach. University of California (Berkeley), Giannini Foundation of Agricultural Economics, enero 1971.

BONILLA, M<sup>a</sup> y PUERTAS, R. Análisis de las redes neuronales: aplicación a problemas de predicción y clasificación financiera. En: Quaderns de Treball 43. Departamento de Economía Financiera y Matemática de Valencia, (1997).

BOUGNOL M. y DUL'A J. Validating DEA as a ranking tool: An application of DEA to assess performance in higher education. En: Annals of Operational Research. Vol. 145, (2006); p. 339–365.

BOWLIN, William Frank; CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager y SHERMAN, H. David. Data envelopment analysis and regression approaches to efficiency estimation and evaluation. En: Annals of Operations Research. Vol. 2, (1985); p. 113-138.

CATT, Stephen E. y MILLER, Donald S. Human Relations: A Contemporary Approach. Homewood, Illinois: Richard D. Irwin, Inc., 1989. 464 p.

CERTO, Samuel C. Administración moderna: diversidad, calidad, ética, [y] el entorno global. 8 ed. Bogotá : Prentice Hall, Pearson Educación, Addison Wesley, 2001. 599 p.

CHAKRABORTY, K.; BISWAS, B. y LEWIS, C. Measurement of technical efficiency in public education: A stochastic and nonstochastic production function approach. En: Southern Economic Journal. Vol. 67, (2001); p. 889-905.

CHARNES, Abraham y COOPER, William Wager. Programming with linear fractional functional. En: Naval Research Logistics Quarterly. Vol. 9, (1962); p. 67-88.

CHARNES, A.; CLARKE, C.; COOPER, W.W. y GOLANY, B. A development study of DEA in measuring the effect of maintenance units in the U.S. Air Force. En: Annals of Operations Research. Vol. 2, (1985); p. 95-112.

CHARNES, A.; COOPER, W.W. y RHODES, E.L. Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. En: Management Science. Vol. 27, (1981); p. 668-697.

------. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. En: European Journal of Operation Research. Vol. 2, No. 6, (1978); p. 429-444.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; GOLANY, B.; SEIFORD, L.M. y STUTZ, J. Foundations of data envelopment analysis and Pareto-Koopmans empirical production functions. En: Journal of Econometrics. Vol. 30, (1985); p. 91-107.

CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager; LEWIN Arie y SEIFORD, Lawrence M. Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994. 513 p.

CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager; ROUSSEAU John James y SEMPLE, John H. Data envelopment analysis and axiomatic notions of efficiency and reference sets. En: Research Paper CCS 558, Center for Cybernetic Studies, University of Texas, Austin, (1987).

CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager; SEIFORD, Lawrence M. y STUTZ J. A multiplicative model for efficiency analysis. En: Socio-Economic Planning Sciences. Vol. 16, No. 5 (1982); p. 223-224.

------. Invariant multiplicative efficiency and piecewise Cobb-Douglas envelopments. En: Operations Research Letters. Vol. 2, No. 3 (1983); p. 101-103.

CHARNES, Abraham; COOPER, William Wager; WEI, Quan Ling y HUANG, Chung-Hsing. Cone ratio data envelopment analysis and multi-objective programming. En: CCS research report no. 559, Center for Cybernetic Studies, University of Texas, Austin, (1987).

CHASE, Richard; AQUILANO, Nicholas y JACOBS, Robert. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. 10 ed. Mexico: McGrawHill, 2005. 848 p.

CHENG, B., y TITTERINGTON, D. M. Neural Networks: a Review from a Statistical Perspective. En: Statistical Science. Vol. 9, No. 1 (1994); p. 2-54.

CHERCHYE, L.; KUOSMANEN, T., y POST, T. What Is the Economic Meaning of FDH? A Reply to Thrall. En: Journal of Productivity Analysis. Vol. 13, No. 3 (2000); p. 263-267.

CHIAVENATO, Idalberto. Introducción a la teoría general de la administración. 7 ed. México: McGraw-Hill, Interamericana, 2006. 562 p.

CHURCHMAN, Charles West. El Enfoque de Sistemas. México: Diana, 1973. 270 p.  
CHVÁTAL, Vašek, Linear Programming. New York: W. H. Freeman and Company, 1983. 478 p.

COELLI, T. Assessing the performance of Australian universities using data envelopment analysis. Mimeo. Center for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England. (1996).

COELLI, T.; PRASADA, D.S y BATTESE, G.E. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 271 p.

COHN, E.; RHINE, S. y SANTOS, M. C. Institutions of higher education as multi-product firms: economies of scale and scope. En: Review of Economics and Statistics. Vol. 71, (1989); p. 284–290.

COLL, Vicente y BLASCO, Olga M<sup>a</sup>. Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. Edición electrónica, 2006. Texto completo en [www.eumed.net/libros/2006c/197/](http://www.eumed.net/libros/2006c/197/).

COLLIER, David y EVANS James. Administración de Operaciones. 2 ed. México: Cengage Learning. 2008. 832 p.

COOK W. D.; KRESS, M. y SEIFORD, L.M. On the Use of Ordinal Data in Data Envelopment Analysis. En: Journal of Operational Research Society. Vol. 44, (1993); p. 133-140.

COOPER, W.W.; LI, S.; SEIFORD, L.M.; TONE, K.; THRALL, R.M. y ZHU, J. Sensitivity and stability analysis in DEA: some recent developments. En: Journal of Productivity Analysis. Vol. 15, (2001); p. 217-246.

COOPER, William Wager; HUANG, Zhimin M.; LELAS, Vedran; LI, Susan X. y OLESEN, Ole Bent. Chance constrained programming formulations for stochastic characterizations of efficiency and dominance in DEA. En: The Journal of Productivity Analysis. Vol. 9, No. 1 (1998); p. 53-79

COOPER, William Wager; SEIFORD, Lawrence M. y TONE, K. Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000. 318 p.

CURRAM, S. P.; ATHANASSOPOULOS, A. D., y SHALE, E. A comparison of a frontier-based neural network and data envelopment analysis for assessing the

efficiency of activity units. En: OR41-1999 Annual Conference of the Operational Research Society, Edinburgo, (1999).

DA SILVA, Reinaldo O. Teorías de la administración. México: Thomson, 2002. 523 p.

DANTZING, George Bernard. Linear Programming and Extensions, Princeton: Princeton University Press, 1968. 632 p.

DAVIS, K. Roscoe y McKEOWN, Patrick G. Modelos Cuantitativos para Administración. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1986. 758 p.

DE BORGES, B. y KERSTENS, K. Cost efficiency of Belgian local governments: A comparative analysis of FDH, DEA and econometric approaches. En: Regional Science and Urban Economics. Vol. 26, No. 2 (1996); p. 145-170.

DE GROOT, H.; MCMAHON, W. y VOLKWEIN, F. The cost structure of American research universities. En: Review of Economic and Statistics. Vol. 73, No. 3 (1991); p. 424-431.

DE RUS MENDOZA, Ginés; CAMPOS Javier y NOMBELA, Gustavo. Economía del transporte. Barcelona: Antoni Bosch, 2003. 447 p.

DELGADO RIVERO, Francisco J. Medición de Eficiencia con redes neuronales artificiales. Una explicación al servicio de recogida de basuras., En: cuadernos de economía y dirección de la empresa. No. 25 (2005); p. 053-082.

DEPRINS, D.; SIMAR, L., y TULKENS, H. Measuring Labour-Efficiency in Post Offices. En: M. MARCHAND; P. PESTIEAU, y H. TULKENS (eds.). The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurements. Amsterdam: 1984; p. 243-267.

DÍEZ MARTÍN, Francisco de Asís. Análisis de Eficiencia de los Departamentos Universitarios: El Caso de la Universidad de Sevilla. Madrid: librería-editorial Dykinson, 2007. 158 p.

DILLANÉS CISNEROS, María Estela: Historia del management. La gerencia racional-científica: en busca de la eficiencia. Edición Internet: [www.azc.mx/publicaciones/gestión/num.6](http://www.azc.mx/publicaciones/gestión/num.6). Departamento de Administración UAM-A. 2001.

DUNBAR, H. y LEWIS, D. R. Departmental productivity in American universities: economies of scale and scope. En: Economics of Education Review. Vol. 14, (1995); p. 119-144.

DUNCAN, W. Jack. Grandes ideas en la dirección de empresas: lecciones de los fundadores y de los fundamentos de la práctica directiva. Madrid: Ediciones Díaz De Santos, 1991. 280 p.



DYSON, R.G. y THANASSOULIS, E. Reducing weight flexibility in data envelopment analysis. En: Journal of Operational Research Society. Vol. 39, (1988); p 563-576.

DYSON, R.G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A.S.; PODINOVSKI, V.V.; SARRICO, C.S. y SHALE, E.A. Pitfalls and protocols in DEA. En: European Journal of Operational Research. Vol. 132, (2001); p. 245-259.

EPPEN, Gary D y GOULD, Floyd Jerome. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. 5 ed. México: Prentice Hall, 2000. 702 p.

ESTADOS UNIDOS DE COLOMBIA. CONGRESO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE COLOMBIA: ley 66 de 1867. Ley que crea la Universidad de los Estados Unidos de Colombia. Bogotá, septiembre 22 de 1867.

EVANS J. y LINDSEY, W. Administración y Control de la Calidad. 7 ed. México: Cengage Learning, 2008. 848 p.

EVERETT, A. y EBERT, Ronald. Administración de la Producción y las Operaciones: Conceptos, modelos y funcionamiento. 4 ed. México : Prentice-Hall Hispanoamericana, 1991. 739 p.

FANDEL, G. On the performance of universities in North Rhine-Westphalia, Germany: Governments redistribution of funds judged using DEA efficiency measures. En: European Journal of Operational Research. Vol. 176, (2007); p. 521–533.

FANDEL, G. y GAL, T. Redistribution of funds for teaching and research among universities: The case of North Rhine-Westphalia. En: European Journal of Operational Research. Vol. 130, (2001); p. 111–120.

-----, Production Frontiers. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 216 p.

FARE, R.; GROSSKOPF, S. y LOVELL, C.A.K. The Measurement of Efficiency of Production. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1985. 296 p.

FARRELL, M. J. y FIELDHOUSE, M. Estimating efficient production functions under increasing return to scale. En: Journal of the Royal Statistical Society. Vol. 125 serie A, (1962); p. 252-267.

FARRELL, M.J. The Measurement of Productive Efficiency. En: Journal of the Royal Statistical Society. Vol. 120 (III) serie A (general), (1957); p. 253-281.

FERNANDEZ SANCHEZ, Esteban. Estrategia de Producción. 2 ed. Madrid: McGrawHill. 2006. 672 p.

FERRIER, Gary D. y LOVELL, C. A. Knox. Measuring cost efficiency in banking. En: Journal of Econometrics. Vol. 46, (1990); p. 229-245.

FOX, Kevin J. Efficiency in the Public Sector. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002. 312 p.

FOX, K. J. y MILBOURNE, R. What determines research output of academic economists. En: Economic Record. Vol. 75, (1999); p. 256–267.

FREUND, John E; MILLER, Irwin y MILLER, Marylees. Estadística matemática con aplicaciones. 6 ed. Mexico: Pearson Educación, 2000. 624 p.

FRIED, H.O.; LOVELL C.A. y SCHMIDT S.S. The Measurement of Productive Efficiency. New York: Oxford University Press, 1993. 426 p.

FRUNZI, George L. y SAVINI, Patrick E. Supervision: The Art of Management. 4 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. 592 p.

GAAS, Saul Irwing. Linear Programming: Methods and Applications. 5 ed. New York: Dover Publications, 2003. 532 p.

GAITHER, Norman y FRAZIER, Greg. Administración de Producción y Operaciones. 4 ed. México: International Thomson Editores, 2000. 846 p.

GALVÁN, Escobedo José. Tratado de administración general: desarrollo de la teoría administrativa. México: Trillas, 1981. 296 p.

GANLEY, J. A. y CUBBIN, J.S. Public sector efficiency measurement. Applications of Data Envelopment Analysis. North-Holland Elsevier: Science Publishers, 1992. 180 p.

GARCÍA ECHEVERRÍA, Santiago. Introducción a la economía de la empresa. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 1994. 365 p.

GARCÍA MARTÍNEZ, R. y BORRAJO, D. An Integrated Approach of Learning, Planning and Executing. En: Journal of Intelligent and Robotic Systems. Vol. 29, No. 1 (2000); p. 47-78.

GARCÍA MARTÍNEZ, Ramón. Sistemas Autónomos. Aprendizaje Automático. Buenos Aires: Nueva Librería, 1997. 180 p.

GARÍN, Teresa. Microeconomía: Producción y mercados. Centro de Estudios Ramón Areces. Madrid: editorial Ramón Areces, 1998. 387 p.

GEORGE, Claude S. Historia del pensamiento administrativo. 2 ed. México : Pearson Educación, Prentice Hall, 2005. 313 p.

GLASS, J. C.; MCKILLOP, D. G. y HYNDMAN, N. Efficiency in the provision of university teaching and research: an empirical analysis of UK universities. En: Journal of Applied Econometrics. Vol. 10, No. 1 (1995a); p. 61–72.

GLASS, J. C.; MCKILLOP, D. G. y HYNDMAN, N. The achievement of scale efficiency in UK universities: a multiple-input multiple-output analysis. En: Education Economics. Vol. 3, (1995b); p. 249–263.

GOULD, F. J.; EPPEN, G. D y SCHMIDT, C. P. Introductory Management Sciences. New Jersey: Prentice Hall, 1991. 830 p.

GROOVER, Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas. 3 ed. McGrawHill. 2007. 1022 p.

HANKE, John E. y WICHERN, Dean W. Pronósticos en los negocios. 8 ed. Mexico: Pearson Educación, 2006. 535 p.

HAO, Gang; WEI, Quan Ling y YAN, Hong. A game theoretical model of DEA efficiency. En: Journal of the Operational Research Society. Vol. 51, No. 11 (2000); p. 1319-1329.

------. The generalized DEA model and the convex cone constrained game. En: European Journal of Operational Research. Vol. 126, No. 3 (2000); p. 515-525.

HARRIS, Daniel C. Análisis químico cuantitativo. 3 ed. Barcelona: Reverté, 2007. 919 p.

HASHIMOTO, K. y COHN, E. Economies of scale and scope in Japanese private universities. En: Education Economics. Vol. 5, No. 2 (1997); p. 107–115.

HELLER, Robert. Comunicar con claridad. Barcelona: Grijalbo, 1998. 72 p.

HERNANDEZ Y RODRIGUEZ, Sergio. Introducción a la administración: teoría general administrativa: origen, evolución y vanguardia. 4 ed. México: McGraw-Hill, 2006. 464 p.

HERTZ, John; KROGH, Anders y PALMER, Richard G. Introduction to the Theory of Neural Computation. Addison-Wesley, 1991. 327 p.

HICKMAN, Craig R. y SILVA Michael A. Como organizar hoy empresas con futuro. Barcelona : Ediciones Juan Granica, 1990. 396 p.

HILL, Norman C. Increasing Managerial Effectiveness: Keys to Management and Motivation. Menlo Park, Calif.: Addison-Wesley Publishing, 1979. 171 p.

HILLIER, Frederick S. y HILLIER, Mark S. Métodos cuantitativos para administración. México: McGraw-Hill, 2008. 602 p.

HILLIER, Frederick y LIEBERMAN **GERALD**. Introducción a la Investigación de Operaciones. 8 ed. México: McGrawHill, 2006. 1084 p.

HINTON, G. E. Connectionist Learning Procedures. En: Artificial Intelligence. Vol. 40, (1989); p. 185-234.

HORNIK, K.; STINCHCOMBE, M. y WHITE, H. Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators. En: Neural Networks. Vol. 3, (1989); p. 551-560.

JACOBS, Rowena. Alternative methods to examine hospital efficiency: Data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. En: Health Care Management Science. Vol. 4, No. 2 (2001); p. 103-115.

JOHNES, G. Multi-product cost functions and the funding of tuition in UK universities. Prepared for ERSC economics of education seminar Group meeting, Regents College, London, (1993).

JOHNES, J. y JOHNES, G. Research funding and performance in UK. University departments of economics: a frontier analysis. En: Economics of Education Review. Vol. 14, No. 3 (1995); p. 301–314.

JONDROW, J.; LOVELL, C. A. Knox; MATEROV, I. S. y SCHMIDT Peter. On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. En: Journal of Econometrics. Vol. 19, (1982); p. 233-238.

KING, W. D. Input and output substitution in higher education. En: Economics Letters. Vol. 57, (1997); p. 107–111.

KOONTZ, Harold y WEIHRICH, Heinz. Elementos de administración: enfoque internacional. 7 ed. México: McGraw-Hill, 2007. 488 p.

KORHONEN, P.; TAINIO, R. y WALLENIOUS, J. Value efficiency analysis of academic research. En: European Journal of Operational Research. Vol. 130, (2001); p. 121–132.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L. y MALHOTRA, M. Administración de Operaciones. 8 ed. México: Pearson, 2008. 728 p.

KRUGMAN, Paul R. y WELLS, Robin. Microeconomía: Microeconomía. Barcelona : Editorial Reverté, 2006. 537 p.

KUAN, C. M., y WHITE, H. Artificial Neural Networks: an Econometric Perspective. En: Econometric Reviews. Vol. 13, (1994); p. 1-91.

KUMBHAKAR, S.C. y LOVELL, C.A.K. Stochastic Frontier Analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 344 p.

LAND, Kenneth C.; LOVELL, C. A. Knox y THORE, Sten A. Chance-constrained data envelopment analysis. En: Managerial and Decision Economics. Vol. 14, No. 6 (1993); p. 541-554.

LEHMANN, Donald R. Administración del Producto. 4 ed. México: McGrawHill. 2007. 502 p.

LEVITT, M. S. y JOYCE, M. A. S. The growth and efficiency of public spending. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 201 p.

LEWIN, Arie Y. y MOREY, Richard C. Measuring the output potential of public sector organisations: An application of data envelopment analysis. En: International Journal of Policy Analysis and Information Systems. Vol. 5, No. 4 (1981); p. 267-285.

LEWIN, Arie Y.; MOREY, Richard C. y COOK, Thomas J. Evaluating the administrative efficiency of courts. En: Omega, International Journal of Management Science. Vol. 10, No. 4 (1982); p. 401-411.

LINNA, M. y HÄKKINEN, U. A comparative application of econometric frontier and DEA methods for assessing cost efficiency of Finnish hospitals. En: Developments in Health Economics and Public Policy. Vol. 6, (1998); p. 167-187.

LLOYD, P. A multiple output cost function for Australian universities. En: Australian Economic Papers. Vol. 33, (1994); p. 200–214.

LLOYD, P.; MORGAN, M. y WILLIAMS, R. Amalgamations of universities: are there economies of size and scope? En: Applied Economics. Vol. 25, (1993); p. 1081–1092.

LÓPEZ DE PRADO, Marcos Mailos y ILLERA Rodrigo. Invertir en Hedge Funds: Análisis de su estructura, estrategias y eficiencia. Madrid: Editorial Diaz de Santos, 2004. 560 p.

LOVELL, C. A. K. y MUÑIZ, M. A. Eficiencia y productividad en el sector público. Temas dominantes en la literatura. En: Papeles de Economía Española. Vol. 95, (2002); p. 47-65.

LOVELOCK, Christopher H. et al. Administración de servicios : estrategias de marketing, operaciones y recursos humanos. México: Pearson Educación, Prentice Hall, 2004. 741 p.

MADDEN, G.; SAVAGE, S. y KEMP, S. Measuring public sector efficiency: a study of economic departments at Australian universities. En: Education Economics. Vol. 5, No. 2 (1997); p. 153–168.

MCCOY, Thomas J. Compensation and Motivation. New York: American Management Association, 1992. 260 p.

MCCULLOCH, W. S., y PITTS, W. A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. En: Bulletin of Mathematical Biophysics. Vol. 5, (1943); p. 115-133.

MCMILLAN, M.L. y DEBASISH D. The relative efficiencies of Canadian universities: a DEA perspective. En: Research paper No. 97-4, Department of Economics, University of Alberta. (1997).

MEEUSEN, W. y VAN DEN BROECK, Julien. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. En: International Economic Review. Vol. 18, (1977); p. 435-444.

MERRILL, Harwood F. Clásicos en administración. 1 ed. México: Limusa: Noriega Editores, 1988. 459 p.

MURPHY, DJ; PEARSON, JN y SIFERD, SP. Evaluating performance of the purchasing department using Data Envelopment Analysis. En: Journal of Business Logistics. Vol. 17, No. 2 (1996); p. 77-91.

NAHMIAS, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. 5 ed. México : McGraw-Hill, 2007. 785 p.

NATHANSON, B.H.; HIGGINS, T.L.; GIGLIO, R.J.; MUNSHI, I.A. y STEINGGRUB, J.S. An Exploratory Study Using Data Envelopment Analysis to Assess Neurotrauma Patients in the Intensive Care Unit. En: Health Care Management Science. Vol. 6, No. 1 (2003); p. 43-55.

NELSON, R. y HEVERT, K. Effect of class size on economies of scale and marginal costs in higher education. En: Applied Economics. Vol. 24, No. 5 (1992); p. 473-482.

NEWHOUSE, J.P. Frontier Estimation: How Useful a Tool for Health Economics. En: Journal of Health Economics. Vol. 13, (1994); p. 317-322.

NUNAMAKER, Thomas R. Measuring routine nursing service efficiency: A comparison of cost per patient day and data envelopment analysis models. En: Health Services Research. Vol. 18, No. 2 (1983); p. 183-205.

------. Using data envelopment analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: A critical evaluation. En: Managerial and Decision Economics. Vol. 6, No. 1 (mar, 1985); p. 50-58.

PALOM IZQUIERDO, Francisco Javier. Management: la tecnología punta del mando. Barcelona : Marcombo Boixareu Editores, 1989. Colección productiva, 21. 110 p.

PARKIN, Michael; ESQUIVEL Gerardo; ÁVALOS, Marcos S. y otros. Microeconomía: Versión para Latinoamérica. 7 ed. México: Pearson Educación, 2006. 520 p.

PEDRAJA CHAPARRO, Francisco M. y SALINAS JIMÉNEZ, Javier. El análisis de envolvente de datos (DEA) y su aplicación al sector público: una nota introductoria. En: Hacienda Pública Española. Vol. 128, (1994); p. 117-131.

------. La eficiencia en la Administración de Justicia. En: Revista de economía aplicada ISSN 1133-455X. Vol. 3, No. 8 (1995); p. 163-195.

PEDRAJA, F.; SALINAS, J., y SUÁREZ-PANDIELLO, J. La medición de la eficiencia en el sector público. En: ÁLVAREZ, A. (coord.). La medición de la eficiencia y la productividad. Madrid: editorial Pirámide, 2001. Capítulo 11, p. 243-268.

PRAWDA, Juan. Métodos y modelos de investigación de operaciones I: Modelos determinísticos. Mexico: Limusa, 1976. 935 p.

RAY, Subhash C. Data Envelopment Analysis: theory and techniques for economics and operations research. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press. 2004. 353 p.

RAY, S. y MUKHERJEE, K. Comparing parametric and nonparametric measures of efficiency: a reexamination of the Christensen-Green data. En: Journal of Quantitative Economics. Vol 11, No. 1 (ene, 1995); p. 155-168.

Red internacional de comparaciones para empresas de aguas y saneamiento. <http://www.ib-net.org/sp/> Red. Ver norma ISO.

REPUBLICA DE COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA: ley 30 de 1992. Por el cual se organiza el servicio público de la Educación Superior. Santafé de Bogotá, diciembre 28 de 1992.

REPUBLICA DE COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA: ley 65 de 1963. Por el cual se establece el régimen orgánico de la Universidad Nacional de Colombia y se dictan otras disposiciones. Bogotá, diciembre 19 de 1963.

REPUBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Educación Nacional. Indicadores de Gestión para las Universidades Públicas. Sistema de Universidades Estatales SUE. Bogotá: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES, 2003. 141 p.

REPUBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL: decreto No. 82 de 1980. Por el cual se establece el régimen orgánico de la Universidad Nacional de Colombia y se dictan otras disposiciones. Bogotá, enero 22 de 1980.

REPUBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL: decreto No. 1210 de 1993. Por el cual se reestructura el régimen orgánico especial de la Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, julio 28 de 1993.

RICH E. y KNIGHT K. Introduction to Artificial Networks. MacGraw-Hill Publications, 1991.

RICHMOND, J. Estimating the Efficiency of Production. En: International Economic Review. Vol. 15, (1974); p. 515-521.

RIPLEY, Brian D. Pattern Recognition and Neural Networks. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 403 p.

ROBBINS Stephen P. y DE CENZO David A. Fundamentos de administración: conceptos esenciales y aplicaciones. 3 ed. México: Pearson Educación, 2002. 468 p.

ROBBINS, Stephen P. y COULTER, Mary. Administración. 8 ed. México: Pearson Educación, Prentice Hall, 2005. 614 p.

RODRÍGUEZ, Gloria Isabel. Medición de la eficiencia relativa en dos subsectores de la economía colombiana desde 1993 a 2002 utilizando Data Envelopment Analysis (DEA). En: Innovar Revista de Ciencias Administrativas y Sociales. No. 22 (2003); p. 121 -144.

------. Medición de la eficiencia relativa en tres subsectores de la economía colombiana desde 1993 a 1999 utilizando Data Envelopment Analysis (D.E.A.). En: Innovar Revista de Ciencias Administrativas y Sociales. No. 21 (2003); p. 145 – 181.

RUGGIERO, J. Non-discretionary inputs in data envelopment analysis. En: European Journal of Operational Research. Vol. 111, (1998); p. 461-469

RUMELHART, D.; HINTON, G., y WILLIAMS, R. Learning Internal Representations by Error Propagation. En: RUMELHART D. y MCCLELLAND J. Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition. Cambridge: MIT Press, Vol. 1, 1986; p. 318-362.

SANTÍN, D.; DELGADO, F.J. y VALIÑO, A. Measuring Technical Efficiency with Neural Networks: A Review. En: Efficiency Series Paper 9/01, Permanent Seminar on Efficiency and Productivity, Universidad de Oviedo, (2001).

SARRICO, C.S. y DYSON, R.G. Using DEA for Planning in UK Universities-An Institutional Perspective. En: Journal of Operational Research Society. Vol. 51, (2000); p. 789-800.

SCHERMERHORN, John R; HUNT, James G y OSBORN, Richard N. Comportamiento organizacional. México: Limusa Wiley, 2004. 569 p.

SCHMIDT, P. Econometrics. New York: Marcel Dekker, 1976. 280 p.

------. On the statistical estimation of parametric frontier production functions. En: Review of Economics and Statistics. Vol. 58, (1976); p. 238-239.

SCHROEDER, Roger. Operation Management: Contemporary Concepts and Cases. 4 ed. United States: McGrawHill, 2007. 544 p.

SCHUNK, Dale H. Teorías del aprendizaje. 2 ed. México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1997. 512 p.

SEIFORD, Lawrence M. Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978-1995). En: Journal of Productivity Analysis. Vol. 7, (1996); p. 99-137.

SEIJAS DÍAZ, Amparo. Evaluación de la eficiencia en la Educación Secundaria. Coruna: Netbiblo, 2004. 238 p.

SISK, Henry y SVERDLIK Mario. Administración y gerencia de empresas. México: Editorial Saber, 1982. 638 p.



SKINNER, Jonathan. What do stochastic frontier cost functions tell us about inefficiency?. En: Journal of Health Economics. Vol. 13, No. 3 (1994); p. 323-328.

SMITH, Carol E.; KLEINBECK, Susan V. M.; FERNENGEL, Karen y MAYER, Linda S. Efficiency of families managing home health care. En: Annals of Operations Research. Vol: 73, (1997); p. 157-175.

SMITH, Peter C. Book selection: Data envelopment analysis - Theory, methodology and applications. En: Journal of the Operational Research Society. Vol. 48, (1997); p. 332-333.

------. Model misspecification in data envelopment analysis. En: Annals of Operational Research. Vol. 73, (1997); p. 233-252.

SPENCER, Milton H. Economía contemporánea. 3 ed. Barcelona: Reverté, 1993. 744 p.

STEVENSON, William. Operations Management With Student DVD. 9 ed. United States: McGrawHill. 2006. 903 p.

STIGLER, G. The Xistence of X-Efficiency. En: American Economic Review. Vol. 66, (1976); p. 213-216.

STIGLITZ, Joseph E. La economía del sector público. 3 ed. Barcelona: Antoni Bosch Editor, 2003. 738 p.

STONER, James A. F.; FREEMAN, R. Edward y GILBERT, Daniel R. Administración. 6 ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana, 1996. 760 p.

TAVARES, G. A Bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-2001). En: RUTCOR Research Report RRR 01-02, Rutgers University, New Jersey. (2002).

TAYLOR, Frederick Winslow. Principios de la administración científica. México: Herrero Hermanos, 1990. 278 p.

THANASSOULIS, Emmanuel. A comparison of regression analysis and data envelopment analysis as alternative for performance assessments. En: Journal of the Operational Research Society. Vol. 44, No. 11 (1993); p. 1129-1144.

------. Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis A foundation text with integrated software. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers; 2001. 281 p.

THRALL, R. M. What is the Economic Meaning of FDH?. En: Journal of Productivity Analysis. Vol. 11, (1999); p. 243-250.

THROSBY, C. D. Cost functions for Australian universities. En: Australian Economic Papers. Vol. 25, (1986); p. 175-192.

TOWE, J. B. y WRIGHT, D. J. Research published by Australian economics and econometrics departments: 1988– 93. En: Economic Record. Vol. 71, (1995); p. 8–17.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 004 de 2001. Por el cual se reglamenta la Función de Extensión en la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, mayo 21 de 2001.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 56 de 1980. Por el cual se reglamenta la prestación de servicios de Asesoría por parte de las Facultades. Bogotá, mayo 13 de 1980.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 124 de 1980. Por el cual se expide el Estatuto General de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, septiembre 19 de 1980.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 75 de 1982. Por el cual se aclara la aplicación del Acuerdo 56 de 1980. Bogotá, mayo 26 de 1982.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 89 de 1985. Por el cual se modifican los Acuerdos 56 de 1980 y 75 de 1982, sobre Prestación de Servicios de Asesoría y de Extensión Universitaria. Bogotá, octubre 29 de 1985.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 27 de 1986. Por el cual se reglamenta la prestación de SERVICIOS DE ASESORIA y el Desarrollo de Programas de Extensión Universitaria. Bogotá, abril 30 de 1986.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 68 de 1987. Por el cual se reglamentan los PROGRAMAS DE EDUCACION CONTINUADA. Bogotá, septiembre 23 de 1987.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 021 de 1993. Por el cual se reglamenta la prestación de servicios académicos remunerados. Santafé de Bogotá, abril 14 de 1993.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 048 de 1993. Por el cual se reglamentan procedimientos y estímulos para la participación en la prestación de servicios académicos remunerados. Santafé de Bogotá, agosto 4 de 1993.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 13 de 1999. Por el cual se adopta el Estatuto General de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, mayo 13 de 1999.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 010 de 2000. Por el cual se desarrollan disposiciones del Estatuto General

de la Universidad relacionadas con la organización de las Facultades y se dictan otras disposiciones. Bogotá, septiembre 25 de 2000.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 026 de 2004. Por el cual se crea la Dirección Nacional de Extensión y Educación Continua. Bogotá, agosto 24 de 2004.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 037 de 2004. Por el cual se define y se aprueba la apertura y desarrollo de programas de diplomado en la Universidad Nacional de Colombia, como parte de su oferta académica en la Función de Extensión. Bogotá, noviembre 23 de 2004.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 011 de 2005. Por el cual se adopta el Estatuto General de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, marzo 12 de 2005.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 032 de 2005. Por el cual se estructura la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia y se establecen sus funciones. Bogotá, agosto 30 de 2005.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Consejo Superior Universitario: acuerdo No. 076 de 2006. Por el cual se aprueba el Plan Global de Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia para el periodo 2007 – 2009. Bogotá, diciembre 12 de 2006.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Plan Global de Desarrollo 2007 – 2009. Bogotá, diciembre 12 de 2006.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia 1998. Bogotá: Oficina Nacional de Planeación, No. 2, agosto de 1998. 80 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia 1999. Bogotá: Revista de la Oficina Nacional de Planeación No. 3, noviembre de 1999. 121 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia 2000. Bogotá: Revista de la Oficina Nacional de Planeación No. 4, febrero de 2001. 243 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia 2001. Bogotá: Revista de la Oficina Nacional de Planeación Nos. 5 - 6. 428 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia 2002. Bogotá: Revista de la Oficina Nacional de Planeación Nos. 7 - 8, primera edición 2003. 451 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia 2003. Bogotá: Revista de la Oficina Nacional de Planeación No. 9, diciembre de 2003. 150 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia 2004. Bogotá: Revista de la Oficina Nacional de Planeación No. 10, julio de 2005. 117 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia 2005. Bogotá: Revista de la Oficina Nacional de Planeación No. 11, septiembre de 2006. 116 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia 2006. Bogotá: Revista de la Oficina Nacional de Planeación No. 12, diciembre de 2007. 133 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia 2007. Bogotá: Revista de la Oficina Nacional de Planeación No. 13, junio de 2008. 143 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Planeación. Plan de desarrollo 1995 – 1998. Santafé de Bogotá, noviembre de 1994.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Plan Global de desarrollo Universidad Nacional de Colombia 1999 – 2003. Santafé de Bogotá, julio de 1999.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 2004 – 2006. Bogotá, julio 16 de 2004.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Secretaría de Sede, Sede Bogotá, División de Archivo y Correspondencia. Normatividad institucional de la Sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia desde 1867 hasta nuestros días. [DVD], Bogotá, diciembre de 2007.

URWICK, Lyndall Fownes. La historia del mangement. 2 ed. Barcelona : Ediciones Orbis, 1984. 158 p.

VÉLAZ, José Ignacio. Motivos y motivación en la empresa. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 1996. 287 p.

VELLIDO, A.; LISBOA, P. J. G., y VAUGHAN, J. Neural Networks in Business: A Survey of Applications (1992–1998). En: Expert Systems with Applications. Vol 17, (1999); p. 51–70.

VIEDMA, José Maria. La excelencia empresarial: un estudio del caso español con conclusiones aplicables a las empresas latinoamericanas. 2 ed. Madrid: Mc. Graw Hill. 348 p.

VOLLMANN, Thomas E. Operations Management: A Systems Model-building Approach. Original from the University of Michigan, Published by Addison-Wesley Pub. Co., 1973. 716 p.

WACKERLY, Dennis D.; MENDENHALL, William y SCHEAFFER Richard L., Estadística matemática con aplicaciones. 6 ed. Mexico: Thomson 2002. 853 p.

WAGSTAFF, A. Estimating efficiency in the hospital sector: a comparison of three statistical cost frontier models. En: Applied Economics. Vol 21, (1989); p. 659-672.

WARD, Peter T.; STORBECK, James E.; MANGUM, Stephen L. y BYRNES, Patricia E. An analysis of staffing efficiency in U.S. manufacturing: 1983 and 1989. En: Annals of Operations Research. Vol. 73, (1997); p. 67-89.

WARNER, B., y MISRA, M. Understanding Neural Networks as Statistical Tools. En: The American Statistician. Vol. 50, (1996); p. 284-293.

WHITE, H. Connectionist Nonparametric Regression: Multilayer Feedforward Networks Can Learn Arbitrary Mappings. En: Neural Networks. Vol. 3, (1990); p. 535-549.

----- Learning in Artificial Neural Networks: a Statistical Perspective. En: Neural Computation. Vol. 1, (1989); p. 425-464.

WINSTON, Wayne L. Investigación de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos. 4 ed. México: Thomson, 2005. 1418 p.

ZAPRANIS, Achilleas. y REFENES, Apostolos-Paul. Principles of Neural Model Identification, Selection and Adequacy. With Applications to Financial Econometrics. Springer, 1999. 190 p.

ZHANG, G.; PATUWO, B. E., y HU, M. Y. Forecasting with Artificial Neural Networks: the State of the Art. En: International Journal of Forecasting. Vol. 14, (1998); p. 35-62.