



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y DE LA EDUCACIÓN
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

MAESTRÍA EN DOCENCIA Y CURRÍCULO PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR

TEMA

**LA ORIENTACIÓN DIDÁCTICA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES
EN EL PROCESO DE APRENDIZAJE DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS,
EN LA ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, DE LA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO,
DURANTE EL PERÍODO AGOSTO-DICIEMBRE DE 2009.**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER
EN DOCENCIA Y CURRÍCULO PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR**

**Ing. Miguel Augusto Torres Almeida
AUTOR**

Dr. M.Sc. Edgar Cevallos Panimboza

DIRECTOR

Ambato-Ecuador

2010

Al Consejo de Posgrado de la UTA

Al Comité de defensa del trabajo de investigación: **“La Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones en el Proceso de Aprendizaje de los Modelos Matemáticos, en la Escuela de Administración de Empresas, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, durante el período Agosto-Diciembre de 2009”**, presentado por Miguel Augusto Torres Almeida y conformada por: Dr. M.Sc. Raúl Esparza Córdoba, Ing. M.Sc. Víctor Monge Castro, Dr. M.Sc. Danilo Villena Chávez. Dr. M.Sc. Edgar Cevallos Panimboza, Director del trabajo de investigación, Dr. M.Sc. Luis Echeverría Loza, Coordinador de Posgrados y presidido por: Dr. José Romero, Presidente de Consejo Académico de Posgrado e Ing. M.Sc. Luís Velásquez Medina, Director del CEPOS-UTA, una vez escuchada la defensa oral y revisado el trabajo de investigación en el cual se ha constado el cumplimiento de las observaciones realizadas por el Tribunal de Defensa de la Tesis, remite la presente Tesis para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Dr. José Romero
PRESIDENTE

Ing. M.Sc. Luis Velásquez Medina
DIRECTOR DEL CEPOS

Dr. M.Sc. Luis Echeverría Loza
COORDINADOR DE POSGRADO

Dr. M.Sc. Edgar Cevallos Panimboza
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Dr. M.Sc. Raúl Esparza Córdoba
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. M.Sc. Víctor Monge Castro
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. M.Sc. Danilo Villena Chávez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. M.Sc. Edgar Cevallos Panimboza

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el presente trabajo investigativo: LA ORIENTACIÓN DIDÁCTICA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN EL PROCESO DE APRENDIZAJE DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS, EN LA ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO, DURANTE EL PERÍODO AGOSTO-DICIEMBRE DE 2009. Desarrollado por el Ing. Miguel Augusto Torres Almeida, observa las orientaciones metodológicas de la Investigación Científica.

Que ha sido dirigido en todas sus partes, cumpliendo con las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación.

Por lo expuesto:

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para la sustentación y defensa del mismo.

Ambato, julio 1 de 2010

Dr. M.Sc. Edgar Cevallos Panimboza

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Los criterios emitidos en el Trabajo de Graduación intitulado LA ORIENTACIÓN DIDÁCTICA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN EL PROCESO DE APRENDIZAJE DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS, EN LA ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO, DURANTE EL PERÍODO AGOSTO-DICIEMBRE DE 2009, como los contenidos presentados, ideas, análisis y síntesis son de exclusiva responsabilidad del autor y director de este trabajo investigativo.

Ing. Miguel Augusto Torres Almeida

C.I.: 0905425039

AUTOR

Dr. M.Sc. Edgar Cevallos Panimboza

DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico el trabajo de investigación a Dios por iluminar mi camino y darme la fuerza necesaria para cumplir mis sueños, estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas como el mejor de los amigos.

A mi esposa e hijos que me han motivado a seguir, ser cada día mejor y ánimo para culminar el presente trabajo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por ser el guía en mi camino, agradezco a todas las personas que colaboraron conmigo para la realización de la tesis en especial a mi familia por el apoyo y comprensión.

Agradezco también a mi Director por ser mi asesor para la realización del trabajo de investigación y a todos aquellos que contribuyeron para la culminación del trabajo.

INDICE GENERAL

Páginas Preliminares

| | |
|---|------|
| PORTADA | I |
| AL CONSEJO DE POSGRADO DE LA UTA | II |
| APROBACIÓN DEL DIRECTOR.....;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. | |
| AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN..... | IV |
| DEDICATORIA | V |
| AGRADECIMIENTO | VI |
| INDICE GENERAL | VII |
| INDICE DE TABLAS..... | XIII |
| INDICE DE GRAFICOS..... | XIV |
| RESUMEN EJECUTIVO | XV |

| | |
|-----------------|---|
| CAPITULO I..... | 1 |
|-----------------|---|

| | |
|---|----|
| 1.- EL PROBLEMA | 1 |
| 1.1. TEMA | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2.1. Contextualización..... | 1 |
| 1.2.2. Análisis Crítico | 3 |
| 1.2.3. Prognosis | 6 |
| 1.2.4 Formulación del Problema | 7 |
| 1.2.5 Interrogantes (sub. problemas)..... | 7 |
| 1.2.6 Delimitación del Problema..... | 8 |
| 1.3 JUSTIFICACION | 8 |
| 1.4 OBJETIVOS | 10 |
| 1.4.1 Objetivo General | 10 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos..... | 10 |

| | |
|--|----|
| CAPITULO II | 11 |
| | |
| 2. MARCO TEORICO | 11 |
| 2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS..... | 11 |
| 2.2 FUNDAMENTACION FILOSOFICA | 12 |
| 2.3. CATEGORIAS FUNDAMENTALES | 14 |
| 2.4 FUNDAMENACION CONCEPTUAL..... | 16 |
| 2.4.1. Variable Independiente | 16 |
| 2.4.1.1. Definición de Pedagogía | 16 |
| 2.4.1.2. La Didáctica | 17 |
| 2.4.1.3. Didácticas de Enseñanza-Aprendizaje | 20 |
| 2.4.1.4. Definiciones de Didáctica | 22 |
| 2.4.1.5. La Orientación Didáctica de la Investigación Operativa | 22 |
| 2.4.1.6. Calidad y Educación Superior..... | 23 |
| 2.4.1.7. Educación y epistemología | 25 |
| 2.4.1.8. Docencia en la Educación Superior | 28 |
| 2.4.1.9. Interacción Alumno-Docente | 35 |
| 2.4.1.10. Concepciones sobre la Enseñanza..... | 37 |
| 2.4.1.11. Naturaleza de la Investigación de Operaciones | 42 |
| 2.4.1.12. Definiciones de la Investigación de Operaciones | 44 |
| 2.4.1.13. Origen y Evolución de la Investigación Operativa | 46 |
| 2.4.1.14. Características esenciales de la Investigación Operativa. | 47 |
| 2.4.2. Variable Dependiente..... | 50 |
| 2.4.2.1. Ciencias Exactas..... | 50 |
| 2.4.2.2. Ciencias Exactas no Experimentales..... | 51 |
| 2.4.2.3. Ciencias Experimentales | 51 |
| 2.4.2.4. Método Científico | 52 |
| 2.4.2.5. Definición de Modelo | 53 |
| 2.4.2.6. Tipos de Modelos..... | 53 |
| 2.4.2.7. Tipos de modelos Matemáticos..... | 54 |
| 2.4.2.8. Etapas de un Modelo de la Investigación de Operaciones | 56 |
| 2.4.2.9. Métodos Cuantitativos de la Investigación de Operaciones. ... | 59 |
| 2.4.2.10. Campos de Aplicación de la Investigación Operativa: | 60 |
| 2.4.2.11. Modelos de Investigación de Operaciones..... | 61 |
| 2.4.2.12. Modelos de Programación Lineal | 61 |
| 2.4.2.13. Modelos de Transporte..... | 61 |
| 2.4.2.14. Modelo de Asignación | 61 |
| 2.4.2.15. Modelo de la Ruta más corta..... | 61 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.2.16. Modelo del Árbol de Expansión Mínima..... | 61 |
| 2.4.2.17. Modelo de Redes PERT-CPM..... | 62 |
| 2.4.2.18. Eficiencia y Productividad..... | 62 |
| 2.4.1.19. Los Procesos de Aprendizaje..... | 62 |
| 2.5. Hipótesis..... | 71 |
| Hipótesis alternativa..... | 71 |
| Hipótesis nula..... | 71 |
| 2.6 Variables..... | 71 |
| 2.6.1. Variable Independiente..... | 71 |
| 2.6.2. Variable Dependiente..... | 71 |
| | |
| CAPITULO III..... | 72 |
| | |
| 3.- METODOLOGÍA..... | 72 |
| 3.1 ENFOQUE..... | 72 |
| 3.2 MODALIDAD BASICA DE LA INVESTIGACION..... | 72 |
| 3.2.1. Investigación bibliográfica..... | 73 |
| 3.2.2. Investigación de Campo..... | 73 |
| 3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIACION..... | 73 |
| 3.3.1. Investigación Exploratoria..... | 73 |
| 3.3.2. Investigación Descriptiva..... | 73 |
| 3.3.3. Investigación Correlacional..... | 74 |
| 3.3.4. Investigación Explicativa..... | 74 |
| 3.4 POBLACION Y MUESTRA..... | 74 |
| 3.4.1. POBLACION..... | 74 |
| 3.5. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES..... | 76 |
| 3.5.1. Variable Independiente..... | 76 |
| 3.5.2. Variable Dependiente..... | 77 |
| 3.6. PLAN DE RECOLECCION DE LA INFORMACION..... | 78 |
| 3.6.1. Encuesta..... | 78 |
| 3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION..... | 78 |

| | |
|---|---------|
| CAPITULO IV | 79 |
| 4.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS | 79 |
| 4.1. Análisis de la encuesta realizada a los estudiantes..... | 79 |
| CUESTIONARIO | 79 |
| 4.2.- Análisis de la encuesta realizada a los docentes | 91 |
| 4.3. VERIFICACION DE HIPOTESIS | 102 |
| 4.3.1- Planteamiento de las hipótesis | 102 |
| 4.3.2. Estadístico de prueba..... | 103 |
| 4.3.3. Nivel de significancia..... | 103 |
| 4.3.4. Grados de libertad | 103 |
| 4.3.5. Tabla de Contingencia | 104 |
| 4.3.6. Cálculo del chi-cuadrado..... | 105 |
| 4.3.7. Regla de decisión | 106 |
| 4.3.8. Representación gráfica de la hipótesis | 106 |
| 4.3.9. Conclusión | 106 |
| CAPITULO V | 107 |
| 5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 107 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 107 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 109 |
| CAPITULO VI | 111 |
| 6. PROPUESTA | 111 |
| 6.1. DATOS INFORMATIVOS | 111 |
| 6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA | 112 |
| 6.3. JUSTIFICACION | 113 |
| 6.4. OBJETIVOS | 114 |
| 6.4.1. Objetivo General | 114 |
| 6.4.2. Objetivos Específicos..... | 114 |
| 6.5. ANALISIS DE FACTIBILIDAD | 114 |

| | |
|---|-----|
| 6.6. FUNDAMENTACION | 115 |
| 6.6.1. Manual | 115 |
| 6.6.2. Investigación de Operaciones | 116 |
| 6.6.3. Modelo Matemático | 116 |
| 6.6.4. Programación lineal. | 117 |
| 6.6.5. Modelo de Transporte | 117 |
| 6.6.6. Modelo de Asignación | 118 |
| 6.7. METODOLOGIA | 118 |
| 6.8. MODELO OPERATIVO | 120 |
| 6.9. DESARROLLO DE LA PROPUESTA..... | 122 |
| 6.9.1. INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES Y ANÁLISIS CUANTITATIVO..... | 123 |
| 6.9.1.1. Breve historia de la Investigación de Operaciones | 123 |
| 6.9.1.2. Definición de la Investigación de Operaciones..... | 124 |
| 6.9.1.3. Análisis de las principales características de la Investigación de Operaciones..... | 124 |
| 6.9.1.4. Definición de modelo y tipos de modelos..... | 125 |
| 6.9.1.5. Metodología de la Investigación de Operaciones | 128 |
| 6.9.1.6. Casos prácticos de formulación o construcción de un modelo matemático | 132 |
| 6.9.1.7. Evaluación..... | 137 |
| 6.9.1.8. Problemas:..... | 138 |
| 6.9.1.9. Glosario | 139 |
| 6.9.2. PROGRAMACIÓN LINEAL..... | 140 |
| 6.9.2.1. Concepto de Programación Lineal | 140 |
| 6.9.2.2. Formulación y construcción del modelo de Programación Lineal | 141 |
| 6.9.2.3. Método Gráfico de Programación Lineal..... | 141 |
| 6.9.2.4. Método Algebraico..... | 154 |
| 6.9.2.5. Método Simplex | 164 |
| 6.9.2.6. Uso de software en la solución de problemas de Programación Lineal..... | 172 |
| 6.9.3. MODELO DE TRANSPORTE Y ASIGNACION..... | 184 |
| 6.9.3.1. Aspectos relevantes del Modelo de Transporte | 184 |
| 6.9.3.2. Métodos de Modelo de Transporte | 187 |
| 6.9.3.3. Método del Cruce del Arroyo | 188 |
| 6.9.3.4. Aspectos relevantes del Modelo de Asignación | 198 |
| 6.9.3.5. Método Húngaro | 200 |

| | |
|--|-----|
| 6.9.3.6. Uso de software en la solución de problemas de Transporte y Asignación | 206 |
| 6.9.3.7. Evaluación..... | 208 |
| 6.9.3.8. Problemas:..... | 209 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA | 211 |
| LINKOGRAFIA | 212 |
| ANEXOS | 213 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla No. 1: Población de Estudio..... | 75 |
| Tabla No. 2: Importancia de la Investigación de Operaciones | 80 |
| Tabla No. 3: Información Estadística y Algebra Matricial | 81 |
| Tabla No. 4: Orientación Didáctica | 82 |
| Tabla No. 5: Recursos didácticos..... | 83 |
| Tabla No. 6: Modelos matemáticos | 84 |
| Tabla No. 7: Aplicabilidad en el sector empresarial | 85 |
| Tabla No. 8: Modelos matemáticos resuelven problemas | 86 |
| Tabla No. 9: Aplicación de software..... | 87 |
| Tabla No. 10: Importancia de material de apoyo..... | 88 |
| Tabla No. 11: La orientación didáctica fortalece la calidad en la educación | 89 |
| Tabla No. 12: Manual como articulación teórico-práctico | 90 |
| Tabla No. 13: Importancia de la Investigación de Operaciones | 91 |
| Tabla No. 14: Información Estadística y Algebra Matricial | 92 |
| Tabla No. 15: Orientación Didáctica | 93 |
| Tabla No. 16: Recursos didácticos..... | 94 |
| Tabla No. 17: Modelos matemáticos | 95 |
| Tabla No. 18: Aplicabilidad en el sector empresarial | 96 |
| Tabla No. 19: Modelos matemáticos resuelven problemas | 97 |
| Tabla No. 20: Aplicación de software..... | 98 |
| Tabla No. 21: Importancia de material de apoyo..... | 99 |
| Tabla No. 22: La orientación didáctica fortalece la calidad en la educación | 100 |
| Tabla No. 23: Manual como articulación teórico-práctico | 101 |
| Tabla No. 24: Frecuencias Observadas (fo)..... | 105 |
| Tabla No. 25: Frecuencias Esperadas (fe)..... | 105 |
| Tabla No. 26: Chi cuadrado | 105 |

INDICE DE GRAFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico No 1: Modelo de Calidad Universitaria | 29 |
| Gráfico No. 2: Modelo Heurístico de Enseñanza –Aprendizaje | 32 |
| Gráfico No. 3: Modelo Europeo de Calidad | 33 |
| Gráfico No.4: Descripción del proceso de docencia en la Educación Superior | 35 |
| Gráfico No. 5: Interacción Alumno-Docente en el Proceso de Enseñanza- | 36 |
| Gráfico No. 6: El aprendizaje: Cultura-Sociedad | 66 |
| Gráfico No. 7: Importancia de la Investigación de Operaciones | 80 |
| Gráfico No. 8: Información Estadística y Algebra Matricial | 81 |
| Gráfico No. 9: Orientación Didáctica | 82 |
| Gráfico No. 10: Recursos didácticos..... | 83 |
| Gráfico No. 11: Modelos matemáticos | 84 |
| Gráfico No. 12: Aplicabilidad en el sector empresarial | 85 |
| Gráfico No. 13: Modelos matemáticos resuelven problemas | 86 |
| Gráfico No. 14: Aplicación de software | 87 |
| Gráfico No. 15: Importancia de material de apoyo..... | 88 |
| Gráfico No. 16: La orientación didáctica fortalece la calidad en la educación..... | 89 |
| Gráfico No. 17: Manual como articulación teórico-práctico | 90 |
| Gráfico No. 18: Importancia de la Investigación de Operaciones | 91 |
| Gráfico No. 19: Información Estadística y Algebra Matricial | 92 |
| Gráfico No. 20: Orientación Didáctica | 93 |
| Gráfico No. 21: Recursos didácticos..... | 94 |
| Gráfico No. 22: Modelos matemáticos | 95 |
| Gráfico No. 23: Aplicabilidad en el sector empresarial | 96 |
| Gráfico No. 24: Modelos matemáticos resuelven problemas | 97 |
| Gráfico No. 25: Aplicación de software | 98 |
| Gráfico No. 26: Importancia de material de apoyo..... | 99 |
| Gráfico No. 27: La orientación didáctica fortalece la calidad en la educación..... | 100 |
| Gráfico No. 28: Manual como articulación teórico-práctico | 101 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente Trabajo de Investigación que se ha realizado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato, PUCESA, consiste principalmente en la búsqueda de la mejora en la calidad de la educación, en especial de la temática referente a la Investigación de Operaciones y la formulación y construcción de Modelos Matemáticos, para solucionar los problemas empresariales, que los estudiantes del cuarto semestre de la carrera de Administración de Empresas tienen dentro del pensum académico.

El proceso de enseñanza-aprendizaje requiere que los docentes cuenten con las herramientas didácticas que permitan que los estudiantes puedan explotar toda su capacidad, mediante un adecuado desarrollo de su conocimiento, creatividad, habilidades y destrezas, y una herramienta básica en este proceso es el de disponer de material de apoyo, donde los estudiantes encuentren con mucha facilidad y comprensión el desarrollo de la temática que deben tratar con la finalidad de poder enfrentar con éxito no sólo el pensum académico propuesto por la universidad en la carrera de Administración de Empresas, sino que también les permita enfrentarse a problemas reales que tienen la sociedad a través de sus organizaciones empresariales mediante el planteamiento de modelos matemáticos que se asimilan a los casos reales.

La investigación de este trabajo de graduación empezó justamente indagando sobre la importancia de la Investigación de Operaciones y el desarrollo de Modelos Matemáticos, donde se observó que existía cierta dificultad al no tener una metodología adecuada para formular y construir modelos matemáticos y en la necesidad de contar con un manual que permita el proceso de aprendizaje, mediante una explicación clara que facilite la comprensión sobre los modelos que maneja la Investigación de Operaciones para solucionar problemas empresariales, tanto de manufactura como de servicios.

El trabajo de investigación se sustenta en un marco teórico que hace referencia tanto a la Investigación de Operaciones y los Modelos Matemáticos como de cómo debe ser la orientación didáctica dentro del proceso de enseñanza-

aprendizaje, más aún en esta época donde corresponde al propio estudiante formar su propio conocimiento y donde el docente participa como el facilitador del proceso proporcionando las guías adecuadas para sea el educando el que aprenda y desaprenda sobre los problemas reales de las empresas, estableciendo modelos matemáticos y encontrando las soluciones óptimas que beneficien a la empresa como a su enriquecimiento profesional.

Para identificar las necesidades de los estudiantes del cuarto semestre de la carrera de Administración de Empresas, en lo referente a la Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones y el desarrollo de Modelos Matemáticos, se procedió a realizar una encuesta a los estudiantes y docentes, las mismas que se tabularon, analizaron e interpretaron, llegando a la conclusión de la importancia de tener un manual guía sobre la materia.

El manual propuesto consta básicamente de los modelos relacionados con la programación lineal, sus métodos de resolución y los modelos especiales de la programación lineal como son los modelos de transporte y de asignación. Estos modelos matemáticos permiten optimizar beneficios para la empresa, al resolver problemas de maximizar utilidades y rendimientos y de minimizar costos y pérdidas, entre otros.

CAPITULO I

1.- EL PROBLEMA

1.1. TEMA

La Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones en el Proceso de Aprendizaje de los Modelos Matemáticos, en la Escuela de Administración de Empresas, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, durante el período Agosto-Diciembre de 2009.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Contextualización

Siendo la Investigación de Operaciones, la ciencia de la administración, que utiliza ampliamente el análisis cuantitativo para abordar la toma de decisiones en el campo de la administración, y que se basa en el método científico, requiere entonces de una adecuada orientación didáctica para su formulación e interpretación, que permita llegar a la toma de decisión óptima, partiendo de que esta ciencia de las matemáticas determina a través de una serie de iteraciones diferentes alternativas de solución a problemas vinculadas con amplios sectores industriales y comerciales.

La Investigación de Operaciones ha tenido un impacto impresionante en el mundo, al mejorar la eficiencia de muchas organizaciones. Ha hecho contribuciones significativas al incremento de la productividad dentro de la economía, de ahí la necesidad de implementar esta ciencia en carreras universitarias para aprovechar sus bondades en la resolución de problemas complejos de las empresas.

En las universidades del Ecuador, se imparte esta ciencia, para que los estudiantes principalmente de carreras técnicas, cuenten con una herramienta eficaz para la toma de decisiones gerenciales, sin embargo la orientación didáctica se ha centrado en el contenido, en el que el estudiante es receptor de un conocimiento que sigue un procedimiento mecánico al momento de resolver problemas, enfoque que en los últimos años ha ido cambiando a un enfoque de habilidades y de conocimiento que permita que el estudiante pase de un objeto receptor a un sujeto activo que reconstruye sus conocimientos donde define problemas y busca diferentes caminos para hallar una solución, y donde el profesor mediante su orientación se convierta en el mediador o asesor de la construcción del conocimiento.

En la provincia de Tungurahua en general y en el cantón Ambato en particular, lugar donde están ubicadas la mayor parte de las universidades, que cuentan carreras técnicas y que por ende utilizan la Investigación de Operaciones como una ciencia administrativa para la toma de decisiones, de igual manera se ha visto la necesidad de desarrollar manuales y documentos y software de apoyo que permitan el fácil manejo de los modelos matemáticos por parte de los estudiantes, con la finalidad de que se familiaricen con esta herramienta y puedan desplegar toda su creatividad, habilidades y destrezas en la formulación y solución de problemas del ámbito empresarial, y de esta manera lograr un completo aprendizaje cognitivo, cognoscitivo y actitudinal en busca de la excelencia universitaria y del bienestar de la comunidad.

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato, PUCESA, no puede quedar atrás de estos cambios didácticos que se han ido generando a través del tiempo, por lo se busca mediante una adecuada orientación didáctica un proceso de aprendizaje excelente, que permita a desarrollar a sus estudiantes todas sus habilidades y destrezas, más aún en la formulación de modelos matemáticos que sirven para la solución de problemas complejos, que la Investigación de Operaciones propone como una herramienta para la toma de decisiones acertadas y óptimas para el buen desempeño empresarial.

1.2.2. Análisis Crítico

Para los estudiantes de los cuartos semestres de la Escuela de Administración de Empresas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato, PUCESA, ha significado una serie de inconvenientes, el tratar de entender los modelos matemáticos presentados en la Investigación de Operaciones, en razón de que ésta se ha desarrollado en función de problemas que están planteados de antemano y al no contar con material de apoyo les dificulta hacer su propio planteamiento al momento de formular los problemas y construir modelos matemáticos.

Además, la forma de desarrollar los modelos matemáticos no permite que el estudiante desarrolle su razonamiento lógico por lo que busca solucionar los problemas de manera mecánica, esta dificultad se presenta no sólo en la Investigación de Operaciones sino en varias ciencias relacionadas con las matemáticas, debido a que esas falencias de no desarrollar sus habilidades se viene arrastrando desde la educación intermedia.

Esta situación se agrava más cuando el estudiante no tiene la cultura de la investigación y se limita ahora, con la ventaja del internet, a trasladar información de navegación virtual al papel, lo que no aporta a enriquecer y a construir sus propios conocimientos, situación que antes se podía lograr mediante la consulta bibliográfica que debía realizarse en las bibliotecas de las diferentes instituciones educativas.

Estos antecedentes se han dado principalmente por la aplicación del modelo pedagógico conductista y tradicional, en que el docente con sus exposiciones magistrales es el protagonista de la enseñanza y transmisor de los conocimientos y donde el estudiante es un ente pasivo, receptor, memorista y reproductor de estos saberes, lo que ha repercutido en el desarrollo de las habilidades y destrezas del educando.

Los grandes perdedores, entonces, de la aplicación de este modelo pedagógico tradicional han sido los propios estudiantes porque al ser entes repetidores de conocimientos, mediante el cual se les garantiza una evaluación cuantitativa de lo aprendido en forma memorística, les ha privado de desarrollar tanto su creatividad como el uso de su razonamiento lógico para enfrentar los problemas, los mismos que debe solucionar cuando sea profesional.

La dificultad de plantear y solucionar problemas mediante un razonamiento lógico ha perjudicado además el desarrollo empresarial, que se han convertido en organizaciones reactivas y no proactivas, más aún en esta época de crisis donde la globalización hace que las empresas sean más competitivas, y para ello debe contar con el talento humano que le ayude a solucionar sus dificultades.

La orientación didáctica referente a la Investigación de Operaciones en la PUCESA ha buscado cambios que permitan que los estudiantes incentivar su creatividad y razonamiento pero es importante para ello contar con un adecuado material de apoyo.

Árbol de problemas



1.2.3. Prognosis

De persistir las deficiencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Investigación de Operaciones, no permitirá que los estudiantes incrementen sus habilidades y destrezas intelectuales, que sí las poseen, lo que repercutirá en su formación profesional y por tanto en sus competencias profesionales, puesto que no lograrán satisfacer las demandas ocupacionales, más aún, cuando hoy en día las organizaciones existentes buscan para su campo laboral de personal técnico y proactivo que realmente solucionen sus problemas, mediante soluciones creativas que les lleve al éxito.

Además, de mantenerse el proceso de enseñanza aprendizaje, mediante el modelo pedagógico tradicional, provocará que los estudiantes se conformen con los saberes proporcionados por los docentes, manteniéndose como entes repetidores y sin motivaciones para la investigación de nuevos modelos en la solución de problemas, cuartándose de esta manera la creatividad, el raciocinio y la pro actividad que deben necesariamente desarrollar los estudiantes.

Esta situación inducirá a que los educandos no sean profesionales competentes al momento de salir a enfrentar la realidad que vive permanentemente la sociedad empresarial en particular y el país en general, lo que a su vez se constituirá un gran problema de los docentes, como personas guadoras y facilitadoras del proceso de enseñanza-aprendizaje y de la propia universidad como ente rector de las competencias de sus educandos, en lo referente a contenidos cognitivos, procedimentales y actitudinales.

Por esta razón, la función de la universidad en general y de la PUCESA en particular es la de formar profesionales con actitud emprendedora, que genere empleo y riqueza para el país, por lo que se debe contar con las herramientas adecuadas para la toma de decisiones, de allí la necesidad de mejorar la orientación didáctica de la Investigación de Operaciones, herramienta vital en la toma de decisiones, porque de no ser así no tendremos profesionales con una

excelente formación integral que consiste en el dominio de los cinco saberes, es decir saber conocer, saber hacer, saber convivir, saber emprender y saber ser.

1.2.4 Formulación del Problema

¿Cómo desarrollar una adecuada orientación didáctica de la investigación operativa en los procesos de aprendizaje de los modelos matemáticos, en la Escuela de Administración de Empresas, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, durante el periodo Agosto-Diciembre de 2009 ?

1.2.5 Interrogantes (sub. problemas)

- ¿Qué es la orientación didáctica y para qué sirve en la enseñanza-aprendizaje?
- ¿Qué tipos de modelos de enseñanza aprendizaje existen en la actualidad en la Educación Superior?
- ¿Qué es la investigación operativa y cómo se utiliza en la carrera de administración de empresas de la PUCESA?
- ¿Qué métodos matemáticos se sigue en la investigación operativa?
- ¿Para qué nos servirá un manual de investigación operativa en la enseñanza del docente a los estudiantes?

1.2.6 Delimitación del Problema

Delimitación de Contenido

Campo: Administración Empresarial

Espacio: Escuela de Administración de Empresas de la PUCESA.

Área: Investigación Operativa

Aspecto: Orientación Didáctica de Investigación Operativa.

Periodo: Agosto-Diciembre 2009

1.3 JUSTIFICACION

La adecuada Orientación Didáctica en la Investigación de Operaciones permite desarrollar actividades empresariales, valores éticos que conjuntamente con las capacidades, habilidades y destrezas busca mejorar el desempeño profesional de los estudiantes de la Escuela de Administración de la PUCESA más aún en esta época en que deben existir herramientas apropiadas para la toma de decisiones, como lo es la Investigación de Operaciones.

El ámbito laboral requiere que los nuevos profesionales tengan la capacidad y la actitud positiva para enfrentar los cambios socioeconómicos y culturales con mucho conocimiento y habilidad y que afronten con entereza, responsabilidad y creatividad los problemas empresariales, satisfaciendo las demandas empresariales que buscan una mayor competitividad y constante crecimiento, como un factor de sobrevivencia en mercados hoy altamente exigentes.

Una buena orientación didáctica en Investigación de Operaciones como una estructura cognitiva, cognoscitiva, meta cognitiva y socio afectiva permite que el estudiante y futuro profesional en Administración pueda lograr un desempeño superior dentro del medio, debido a que es capaz de desarrollar sus conocimientos de una manera práctica, comprensiva, crítica, con un razonamiento lógico e investigativo.

Además, la orientación didáctica en la Investigación de Operaciones no sólo beneficia al estudiante al poder aplicar sus conocimientos en la construcción de modelos matemáticos y en la óptima toma de decisiones sino que se benefician también los docentes de la universidad ya que con una adecuada información sobre la orientación didáctica facilitará su labor en la formulación y resolución de problemas empresariales, contribuirá a mejorar la calidad de educación y por lo tanto en el proceso de enseñanza aprendizaje que deben brindar a sus educandos.

La enseñanza, práctica y orientación de los modelos matemáticos de la investigación operativa también beneficiara indirectamente a la universidad y a las empresas, porque obtendrán mejores resultados en el mejoramiento y eficiencia de la productividad empresarial, dará mayor prestigio a la universidad y a la empresa debido a la calidad de profesionales que se obtienen por medio de una excelencia en la educación superior.

El interés en desarrollar el tema radica en contar con un instrumento que facilite el aprendizaje en modelos y técnicas para solucionar problemas que conlleven a una toma de decisiones óptima, pero que también motive a la investigación de nuevos modelos que pueden implementarse en beneficio no solo de las empresas sino también del crecimiento de las sociedades.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Analizar la Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones, en el proceso de enseñanza de modelos matemáticos, de los estudiantes de la carrera de administración d empresas de la PUCESA.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones
- Analizar los modelos matemáticos que se utilizan en el proceso de aprendizaje de la Investigación de Operaciones
- Diseñar un manual de modelos matemáticos para el aprendizaje de la Investigación de Operaciones

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En lo referente al tema de investigación que consiste en la Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones en el Proceso de Aprendizaje de Modelos Matemáticos se inscribe por un lado en el área de la Pedagogía que radica en el conocimiento exacto, científico y humano que permita cultivar sus aptitudes y habilidades, y por otro lado, es en el área de las Matemáticas específicamente en el planteamiento (formulación) de problemas, construcción de modelos matemáticos hasta llegar a la solución óptima que conlleve a una adecuada toma de decisiones.

Sobre el tema no se ha logrado encontrar investigaciones que establezcan la importancia entre la relación entre la Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones y el

Proceso de Aprendizaje de Modelos Matemáticos, sin embargo existe información por separado tanto de la Orientación Didáctica como textos sobre la Investigación de Operaciones.

Así podemos señalar que para Nerici (1985), “La Didáctica está constituida por un conjunto de procedimientos y normas destinadas a dirigir de la manera más eficiente posible”, en tanto que según Títone (1974), la didáctica es la “Ciencia que tiene como objetivo específico y formal la dirección del proceso de enseñanza hacia fines inmediatos y remotos de eficacia formativa e instructiva”, ambas citas tomadas del Documento de Apoyo de Instrumentación Didáctica, compilación de varios autores, elaborado por la Dra. Nelly Suárez M.Sc (Agosto 2006).

En tanto que en lo referente a la Investigación de Operaciones y de acuerdo a varios textos sobre el tema se puede concluir que la Investigación Operativa es la ciencia administrativa que aplica el método científico para representar las complejas relaciones funcionales de una organización, mediante modelos matemáticos que brinden información cuantitativa para la toma de decisiones, basándose principalmente en técnicas matemáticas y estadísticas.

2.2 FUNDAMENTACION FILOSOFICA

La presente investigación está orientada en el paradigma Naturalista, también llamado constructivista o crítico-propositivo que surge como un posicionamiento crítico y opuesto al positivismo y refleja el pensamiento llamado postmodernismo, que busca romper con las viejas ideas y estructuras mentales y sociales y trabajar por la reconstrucción de nuevas ideas y estructuras. Este paradigma se evidencia al tratar de analizar la situación actual de la empresa mediante revisión histórica de la información empresarial y proponer nuevos modelos matemáticos que permitan lograr una mayor eficiencia y productividad, más aún cuando se conoce que la empresa cuenta con recursos limitados que hay que saberlos aprovechar.

Desagregando los ámbitos de la fundamentación filosófica, se puede llegar a determinar que desde el punto de vista epistemológico el estudiante con una adecuada orientación didáctica estará en la capacidad de organizar sus saberes y de esta manera construir mediante modelos matemáticos que le proporciona la investigación de operaciones la realidad empresarial y dar soluciones óptimas para la adecuada toma de decisión gerencial.

Desde el punto de vista ontológico, le permitirá poseer un criterio sistémico de la totalidad, autonomía y contexto del sector empresarial, de tal manera que puede concluir que existen una infinidad de problemas y cada uno de ellos tiene su propia realidad, por lo que se hace necesario el planteamiento, construcción y

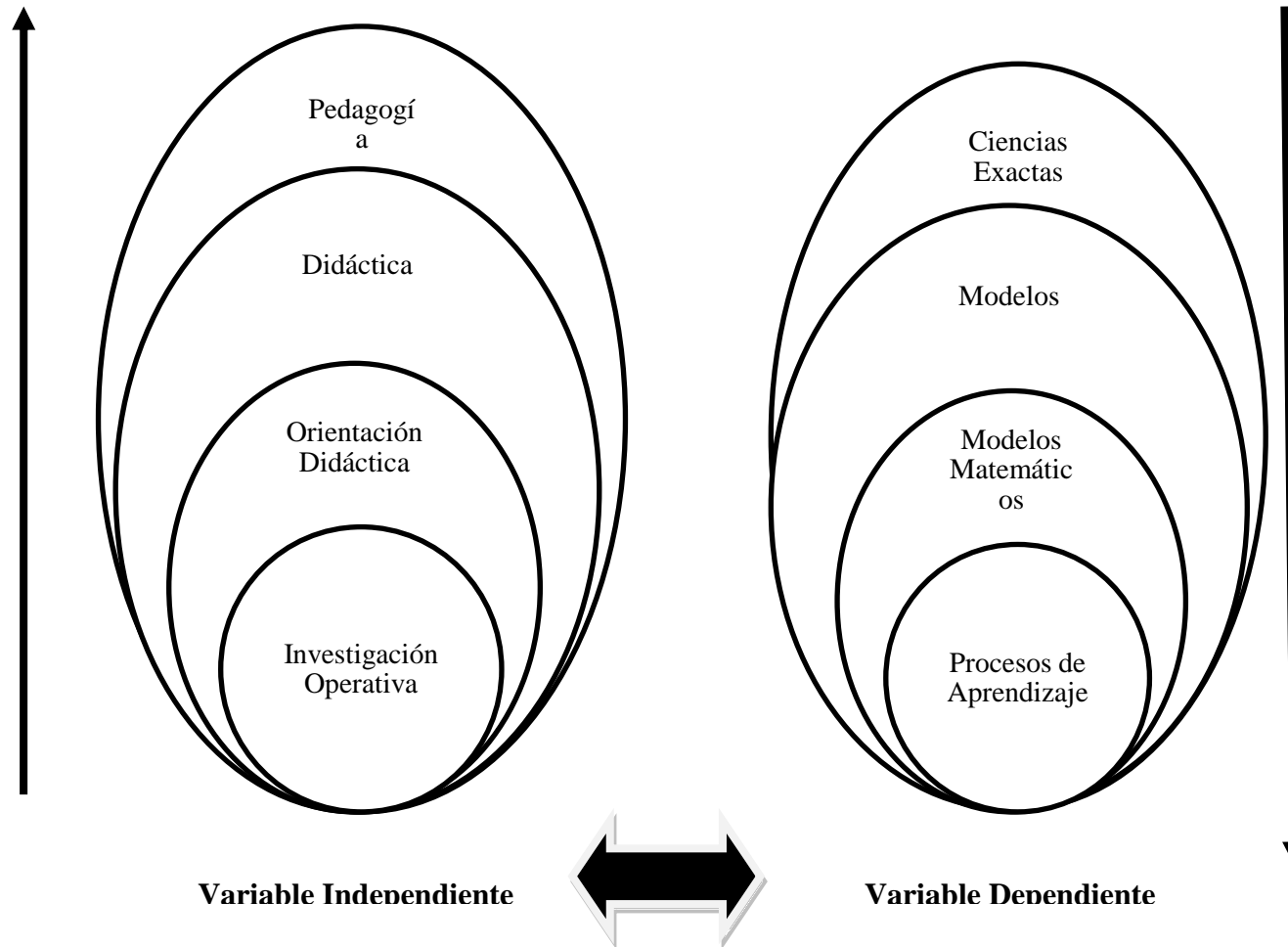
solución a los problemas de acuerdo a su propia naturaleza, lo que hace que el aprendizaje no sea mecánico.

Desde el análisis axiológico, el estudiante debe considerar los valores, como la ética empresarial, la responsabilidad social, la solidaridad y equidad.

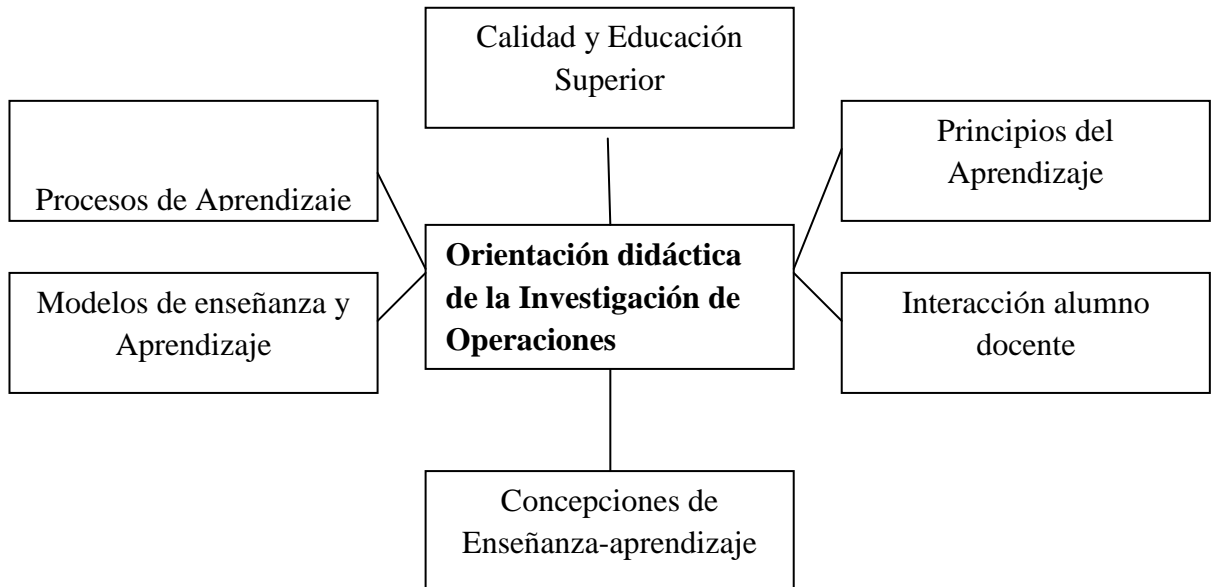
Desde el punto de vista sociológico, no hay que olvidar que el estudiante y futuro profesional estará inmerso en una sociedad a la cual debe servir, para lo cual es necesario propiciar, mediante una excelente orientación didáctica, el desarrollo de una persona reflexivo-creativo, integral, capaz de orientarse constructivamente en las complejas relaciones de la sociedad-empresa, mediante la toma de decisiones adecuadas y balanceadas.

Finalmente desde la fundamentación Psicopedagógica hay que considerar el enfoque dialéctico y humanista del proceso enseñanza-aprendizaje, centrado en el desarrollo holístico de la personalidad, tomando en cuenta la unidad de los afectivo, lo cognitivo, lo instructivo y educativo, en otras palabras no debemos olvidar que se trabaja con seres humanos, los estudiantes, por lo que se hace necesario un análisis individual para aprovechar al máximo su enseñanza-aprendizaje en lo referente a la construcción de modelos matemáticos.

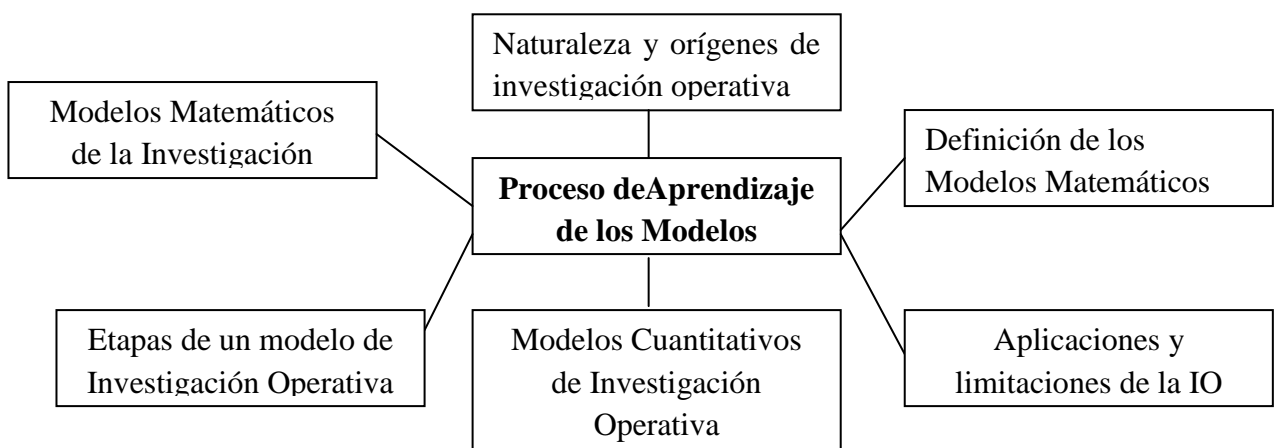
2.3. CATEGORIAS FUNDAMENTALES



Variable Independiente: Orientación didáctica de la Investigación de Operaciones



Variable Dependiente: Proceso de Aprendizaje de los Modelos Matemáticos



2.4 FUNDAMENACION CONCEPTUAL

2.4.1. Variable Independiente

2.4.1.1. Definición de Pedagogía

La pedagogía es un estudio que radica en el conocimiento exacto, científico y humano de lo que es el hombre a través de su desarrollo, de lo que de él se puede esperar y de las grandezas a las que él puede arribar, si él cultiva sus aptitudes y habilidades, y es precisamente así que la Pedagogía habrá de habilitar un sinnúmero de recursos, didácticos, ontológicos o teleológicos, entre otros; que permitan a la sociedad creer en sus conductores y creer firmemente por qué se habrá de admitir en ellos una capacidad específica para la conducción y trascendencia del grupo.

El proceso de la educación es eminentemente hacer y tarea humana ya que su función y relación con el trabajo permiten que las herramientas culturales se materialicen no solo mediante la herencia cultural permitiendo una continuidad histórica de la humanidad sino más bien haciendo que el hombre encuentre el origen de su propia actividad, le de dirección y entienda su comportamiento a través de la totalidad de relaciones que entre sí y con la naturaleza determine en su comportamiento; la adquisición toma una dimensión precisa dentro de los procesos adaptativos que permiten el concepto de desarrollo enseñanza y aprendizaje (Piaget 1939-1952)

<http://www.monografias.com/trabajos16/teorias-piaget/teorias-piaget.shtml>

La pedagogía, se considera constructivismo, es una corriente que afirma que el conocimiento de todas las cosas es un proceso mental del individuo que se desarrolla de manera interna conforme el individuo interactúa con su entorno. El conocimiento y el aprendizaje humano, en el constructivismo pedagógico, son el producto de una construcción mental donde el "fenómeno real" se produce mediante la interacción sujeto cognoscente-objeto conocido, siendo desde esta perspectiva inapropiado la separación entre investigador e investigado, ya que tanto los datos como los hechos científicos surgen de la interacción interrumpida del hombre frente a su entorno. (Flores Ochoa, 1994)

<http://www.monografias.com/trabajos27/constructivismopedagogico/constructivismo-pedagogico.shtml>

“La pedagogía es la ciencia de la educación que determina los lineamientos teóricos que debe seguir ésta, en otras palabras la pedagogía es siempre y necesariamente un producto de la conciencia reflexiva, del estudio científico. Aún más claro: La educación es a la pedagogía como la práctica a la teoría”.

Suárez Nelly: Instrumentación Didáctica, Compilación de Varios Autores, 2006.

2.4.1.2. La Didáctica

Es importante enfatizar que la Didáctica tiene a la enseñanza como su término esencial, pero el accionar conjunto con el aprendizaje permite afirmar que no puede existir la enseñanza sin el aprendizaje, la primera es promoción sistemática de la segunda: “la tarea central de la enseñanza es permitir al estudiante realizar las tareas de aprendizaje” (Fenstermauner, 1986, citado por A. Escribano, 1998). Este criterio resulta esencial en la Didáctica de la Educación Superior.

Una visión retrospectiva permite diferenciar determinadas etapas por las que ha ido atravesando la Didáctica General con la consecuente repercusión en el nivel superior. Zabalza (1991, citado por A. Escribano, 1998) sintetiza cinco etapas en la evolución del concepto enseñanza que refleja el estado relacional con el aprendizaje, las cuales hemos interpretado y resumimos a continuación:

Primera etapa:

La enseñanza como transmisión de conocimientos ha sido el enfoque conservador, se diría tradicional, que aún persiste todavía en la práctica, pero no tanto en el desarrollo de la teoría.

Segunda etapa:

La enseñanza como condicionamiento, influida lógicamente por la psicología conductual que se introdujo en las teorías pedagógicas y en la enseñanza en particular.

Tercera etapa:

La enseñanza como dirección del aprendizaje dentro del enfoque tecnológico o cibernético en los que diferentes acciones de enseñanza se condicionan para la consecución del aprendizaje esperado.

Cuarta etapa:

La enseñanza como orientación del aprendizaje, aquí significa arte y técnica, orientada a un desarrollo más holístico y global donde se creen situaciones y la experiencia y las vivencias sean el centro, a la vez que se establecen situaciones estimulantes para el desarrollo.

En esta línea confluyen varios modelos como el Genético (Piaget), el Humanista (Rogers, Neill), el Comunicacional (Hangraves) y el Expresivo (Eisner, Stenhouse).

Este carácter holístico de la enseñanza que se perfila como uno de los más importantes para este tercer milenio, supone atender de manera simultánea la práctica profesional, el curriculum y la organización de la clase. Para ello es necesario, en primer lugar, humanizar el entorno aplicando formas naturales, valorar a la filosofía de trabajo que está dirigiendo nuestras acciones y examinar cómo se instrumenta la interacción de la enseñanza - aprendizaje. Y en segundo lugar, será necesario introducir una enseñanza interdisciplinar de manera que el aprendizaje se produzca a través de un curriculum diseñado para este fin y donde el aprendiz esté activamente comprometido intelectual, física y emocionalmente.

Y por último, la enseñanza como articulación de la experiencia docente y extradocente. La importancia de los diversos contextos se hace patente en esta etapa. Los modelos ecológicos constituyen el prototipo de este planteamiento.

Quinta etapa:

Donde se empieza a considerar al nuevo enfoque de la enseñanza - aprendizaje que se perfila desde la perspectiva de la teoría crítica. Se basa en el desarrollo de este binomio a partir de la interacción entre iguales, el intercambio de significados, experiencias y en la participación crítica - activa de espacios comunicativos, en tanto enfatiza más en el proceso de adquisición y construcción del conocimiento que en los resultados del aprendizaje.

La valoración de todas estas etapas va demostrando la evolución en la actuación de los componentes personales del proceso enseñanza - aprendizaje (profesor - estudiante), en el caso del primero ha ido transitando de dueño absoluto en la dirección del proceso enseñanza - aprendizaje a orientador, mediador, lo que ha permitido que el estudiante vaya ocupando gradual y paulatinamente el papel protagónico al que se aspira, es su paso de objeto a sujeto de aprendizaje, cuestión que adquiere una connotación importante para la misión que deben cumplir las universidades en la formación de profesionales independientes, reflexivos, creativos y altamente calificados.

El nuevo modelo didáctico centrado en el aprendizaje del estudiante reclama del claustro universitario mayor capacitación en el orden psicodidáctico, para poder asumir el quehacer docente. Exige además, la comprensión de que no es suficiente solo su preparación académica, sino también que su competencia profesional incluya:

- El conocimiento de las características psicológicas y socioculturales de sus alumnos.
- Su preparación metodológica que le permita concebir efectivas estrategias de aprendizaje
- El dominio de las exigencias del curriculum para desarrollarlo y cumplir con las

2.4.1.3. Didácticas de Enseñanza-Aprendizaje

Didáctica Humanista

Entendida con un enfoque personal lógico, orientada a sus experiencias y vivencias personales, en que la actividad del alumno ocupe un lugar central en la escena didáctica, tanto individual como grupal, se respete su personalidad, se eduque en valores profesionales y universales que lo conduzcan a reforzar su identidad personal y social.

Didáctica Problematizadora

En la que cada clase tenga como punto de partida los problemas relacionados con el ejercicio de su profesión, modeladas como tareas de carácter profesional que permita ejercitarlas en el razonamiento y en la búsqueda de soluciones creadoras, entrenarlos, implicarlos conscientemente para elevar y reafirmar su motivación profesional.

Didáctica Contextualizada

Que permita vincular el aula universitaria con su entorno, con su realidad, con la mirada puesta más allá de los muros institucionales, que lo prepare para la vida, al trasladar las problemáticas cotidianas de su futuro desempeño profesional a las clases.

Didáctica Integradora

Entendida en diferentes direcciones en el vínculo de lo instructivo y lo educativo, en la unidad de lo cognitivo y lo afectivo, en la aplicación del principio de la interdisciplinariedad, como requisito para el logro de verdaderos sistemas de conocimientos que pueda poner en acción al desarrollar habilidades profesionales.

En la actualidad cobra cada vez más adeptos el acercamiento de la Didáctica con la Psicología de la Educación por compartir problemas comunes por su base subjetiva dentro de las tareas de la enseñanza (P.Kansanen, 2002).

Didáctica Desarrolladora

Como condición y resultado de una enseñanza que amplíe su zona de desarrollo próximo, no como distancia, sino como espacio interactivo del aprendizaje de la cultura, donde se apliquen estos métodos y formas que, partiendo de un adecuado diagnóstico de los estudiantes, desarrolle de forma óptima sus potencialidades.

Estas tendencias requieren de una concreción en cada uno de los componentes no personales del proceso enseñanza – aprendizaje que garantice un sistema didáctico consecuente con las nuevas exigencias y en consonancia con la dimensión formativa que debe lograrse en el estudiante universitario, además de una concepción curricular que brinde respuestas a los imperativos de la Didáctica como ciencia.

2.4.1.4. Definiciones de Didáctica

Para Nerici (1985), “La Didáctica está constituida por un conjunto de procedimientos y normas destinadas a dirigir de la manera más eficiente posible”.

Según Títone (1974): Ciencia que tiene como objetivo específico y formal la dirección del proceso de enseñanza hacia fines inmediatos y remotos de eficacia formativa e instructiva.

Lavalleé (1974), por su parte, afirma que es “La formación de situaciones de aprendizajes que vive un ser que se educa para alcanzar objetivos cognitivos, afectivos y psicomotrices”.

2.4.1.5. La Orientación Didáctica de la Investigación Operativa

La Investigación de Operaciones se ocupa de la distribución eficaz de recursos limitados puede considerarse tanto arte como una ciencia. Como arte refleja los conceptos de eficientes y limitados de un modelo matemático bien definido en una situación dada, como ciencia, comprende la deducción de métodos de cálculo para resolver dichos modelos. (Bronson R.)

Ciencia y arte de contenido principalmente lógico matemático, generalmente necesaria y con frecuencia indispensable para implantar y adoptar decisiones, la Investigación Operativa (DIGID).

<http://www.mitecnologico.com/Main/ConceptoYDesarrolloInvestigacionDeOperaciones>

Es la ciencia que estudia el modelado de los sistemas probabilístico y determinísticos que se originan en la vida real desde el punto de vista de toma de decisiones óptimas (Woolseys, 1980)

Es el estudio de cómo formular modelos matemáticos para problemas complejos de administración e ingeniería y cómo analizarlos para tener una visión a las posibles soluciones (Rardín 1998).

<http://www.eio.uva.es/~ricardo/io/introio.pdf>

http://www.alipso.com/monografias2/La_investigacion_operativa/index.php

2.4.1.6. Calidad y Educación Superior

El término calidad, en latín significa "cualidad, manera de ser", su significado castellano es "propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie".

Las definiciones de calidad, han sufrido un proceso evolutivo que va, desde aspectos puramente cuantitativos relacionados con la calidad técnica de un producto a través de procesos de manufactura, hasta un enfoque acorde a las necesidades del usuario que satisfagan los requerimientos del cliente. No obstante lo anterior, existe hoy en día un acuerdo universal en el sentido de que es el usuario y no el productor quien en último término decide si un producto o servicio tiene calidad. El cliente, la persona quien usa o se beneficia de un producto o proceso, juega un rol clave en el mejoramiento de la calidad porque es él quien define en primer lugar la calidad.

Desde la perspectiva de las políticas educativas mundiales, la calidad de la educación queda determinada por la capacidad que tienen las instituciones para preparar al individuo, destinatario de la educación de tal modo que pueda adaptarse y contribuir al crecimiento y desarrollo económico y social mediante su incorporación al mercado laboral. De aquí surgen, diversas formas de valorar la calidad en función del progreso y de lo moderno, valores incuestionables de la sociedad actual.

La educación de calidad es la que logra resultados que permitan el progreso y la modernización. Elevar la calidad es entonces encontrar los medios necesarios para el logro de los fines. Midiendo los resultados se adecuan los medios pertinentes (Navarro, 1997).

De acuerdo a lo señalado por Arrien (1998), la Calidad parece estar muy asociada a los procesos y resultados del desarrollo educativo del educando, desarrollo que se manifiesta en los aprendizajes relevantes del educando como sujeto, haciendo que este crezca y se desarrolle personal y socialmente mediante actitudes, destrezas, valores y conocimientos que lo convierten en un ciudadano útil y solidario. Lo anterior deja de manifiesto la importancia del desarrollo de "competencias" en la formación del profesional y técnico. La docencia es de calidad si logra desarrollar competencias en el educando. Las competencias se refieren a la capacidad de actuar desde lo que la persona es, con sus valores y actitudes haciendo algo con lo que sabe. Sin embargo, para que la docencia sea considerada de calidad debe, además, satisfacer las demandas sociales en cuanto a formación profesional, la cual debe incorporar no sólo una mera acumulación de conocimientos, sino que debe ser un proceso de aprendizaje constante que expanda las potencialidades del individuo y que logren en él la flexibilidad cognoscitiva necesaria para su transferencia al complejo entorno cultural, productivo y social que caracteriza a la sociedad actual.

Lo anterior plantea sobre el sistema de formación profesional no sólo una orientación de su currículo hacia una estructura basada en competencias, sino que los resultados demostrados por los alumnos correspondan a lo que en las organizaciones se entienden por desempeño efectivo. Esto significa incorporar en el diseño del currículo no sólo una dimensión de aplicación en la práctica de conocimientos y habilidades, sino que dicha práctica coincida con las necesidades "estratégicas" de las empresas, desde su ámbito de mercado y pasando por la base tecnológica, organizativa y cultural de las organizaciones (Mertenz, 2000).

Desde una visión global e integral, la calidad de la docencia es el resultado de un conjunto de procesos que conducen a su obtención, de manera que para mejorar la calidad se debe analizar los procesos intermedios o coadyuvantes, en diversos grados de los aprendizajes y no sólo su resultado final.

2.4.1.7. Educación y epistemología

La misión de la enseñanza es transmitir, no saber puro, sino una cultura que permita comprender nuestra condición y ayudarnos a vivir. Al mismo tiempo, debe favorecer una manera de pensar abierta y libre. Se busca favorecer la autonomía del pensamiento. Por esta razón, un pensamiento capaz de no estar encerrado en lo local y lo particular, que pueda concebir los conjuntos sería capaz de favorecer el sentido de la responsabilidad y de la ciudadanía. La reforma del pensamiento tendrá consecuencias existenciales, éticas y cívicas. La epistemología de la complejidad como reforma para el pensamiento, implica sostener una visión integradora que evite la reducción, disyunción y separación del conocimiento.

En coordinada con su “epistemología de la complejidad”, Morin (2002) propone “los siete saberes necesarios para la educación del futuro”. En su contribución a la reflexión –elaborado para la UNESCO- sobre cómo educar para un futuro sostenible, introduce siete puntos de vista a considerar en la educación:

1.- Las cegueras del conocimiento: el error y la ilusión. En este punto -señala Morin-, la educación debe mostrar que no hay conocimiento que no se encuentre amenazado por el “error” y la “ilusión”. Ninguna teoría científica está inmunizada para siempre contra el error. De este modo, la educación tiene que dedicarse a la identificación de los orígenes de error, de ilusiones y de cegueras.

2.- Los principios de un conocimiento pertinente: Existe una inadecuación cada vez más amplia, profunda y grave, entre, por un lado, nuestros saberes desunidos,

compartimentados, divididos, y por el otro, realidades o problemas cada vez más polidisciplinarios, transversales, multidisciplinarios, globales, planetarios, etc. En este sentido, -Morin en tiende- un conocimiento pertinente que la educación debe considerar, es aquel que contemple “el contexto”, “lo global”, “lo multidimensional” y “lo complejo”. Es decir, ubicar las informaciones y los elementos en su contexto para que adquieran sentido, por su parte, lo global es más que el contexto, es el conjunto que contiene partes diversas ligadas de manera Inter.-retroactiva u organizacional.

3.- Enseñar la condición humana: Por su naturaleza, el ser humano es a la vez físico, biológico, psíquico, cultural, social e histórico. Morin remarca, que esta unidad compleja que es la naturaleza humana, está completamente desintegrada en la educación. Por esta razón, hay que restaurarla de tal manera que cada uno, - desde donde esté- tome conciencia al mismo tiempo de su identidad compleja y de su identidad común a todos los demás humanos. Así, la condición humana tendría que ser objeto esencial de cualquier educación.

4.- Enseñar la identidad terrenal: El destino planetario del género humano es una realidad fundamental ignorada por la educación. Por este motivo, Morin sostiene, que el conocimiento de los desarrollos de la era planetaria, que van a incrementarse en el siglo XXI, y el reconocimiento de la identidad terrenal, que será cada vez más indispensable para cada uno y para todos, deben convertirse en uno de los mayores objetos de la educación.

5.- Enfrentar la incertidumbre: Las ciencias nos han hecho adquirir muchas certezas, pero de la misma manera nos han revelado innumerables campos de incertidumbre.

En este sentido, Morin entiende, que la educación debería comprender la enseñanza de las incertidumbres que han aparecido en las ciencias física (microfísica, termodinámica, cosmología), en las ciencias de la evolución biológica y en las ciencias históricas. Se tendrá que enseñar principios de estrategia que permitan afrontar los riesgos, lo inesperado, lo incierto y modificar su desarrollo en virtud de las informaciones adquiridas en el camino. Más aún, es

imperativo que todos aquellos que tiene la carga de la educación estén a la vanguardia con la incertidumbre de nuestros tiempos.

6.- Enseñar la comprensión: La comprensión es al mismo tiempo, medio y fin de la comunicación humana. Teniendo en cuenta la importancia de la educación para la comprensión en todos los niveles educativos y en todas las edades, –Morin sustenta que- el desarrollo de la comprensión necesita una reforma de las mentalidades. Tal debe ser la tarea de la educación del futuro. La comprensión mutua entre humanos, tanto próximos como extraños, es en adelante vital para que las relaciones humanas salgan de su estado bárbaro de incomprensión. De allí la necesidad de estudiar la incomprensión desde sus raíces, sus modalidades y sus efectos. Este estudio - agrega Morin- sería importante en cuanto que se centraría no sólo en los síntomas, sino en las causas de los racismos, las xenofobias y los desprecios. Constituiría, al mismo tiempo, una de las bases más seguras para la educación por la paz, a la cual estamos ligados por esencia y vocación.

7.- La ética del ser humano: La educación en la mirada de Morin, tiene un carácter ternario, es decir, que la condición humana es a la vez individuo, sociedad y especie.

En este sentido, la ética individuo-especie necesita de un control mutuo de la sociedad por el individuo y del individuo por la sociedad, es decir, la democracia; la ética individuo-especie convoca a la ciudadanía terrestre. El ser humano lleva esa triple realidad. De allí se esbozan para Morin, las dos grandes finalidades ético-políticas del nuevo milenio, es decir, establecer una relación de control mutuo entre la sociedad y los individuos por medio de la democracia y concebir la Humanidad como comunidad planetaria. En este sentido, la educación no sólo debe contribuir a una toma de conciencia de nuestra Tierra-Patria, sino también permitir que esta conciencia se traduzca en la voluntad de realizar la ciudadanía terrenal.

<http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/descargas/gallegos01.pdf>

2.4.1.8. Docencia en la Educación Superior

Para identificar las variables o factores que inciden e inducen la calidad en el proceso docente, se hace necesario revisar la conceptualización de la actividad docente desde diferentes enfoques. Cada enfoque o modelo representa las dimensiones o factores que configuran el proceso docente y las relaciones directas o indirectas que potencialmente pueden darse entre tales dimensiones.

Enfoque Sistémico: La Teoría de Sistemas plantea que las organizaciones son sistemas abiertos, que a su vez son subsistemas de la sociedad en que están insertos. Las organizaciones y la sociedad se relacionan por medio de los objetivos que constituyen su función social.

Desde la perspectiva del enfoque sistémico, la docencia es concebida como un sistema abierto que tiene una tarea principal que realizar para sobrevivir, la que representa su

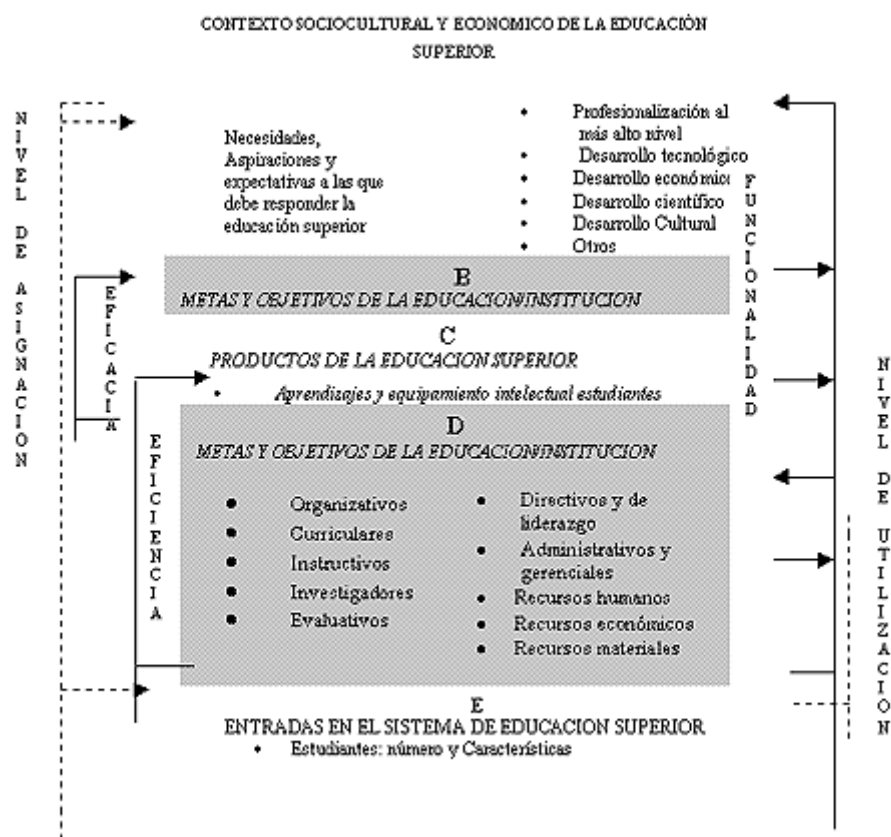
Misión o razón de razón. El sistema puede desarrollar su tarea principal mediante el intercambio de materiales con su medio ambiente. Este intercambio consiste en varios procesos: la importación de recursos y materiales, la conversión de ellos, el consumo de algunos bienes para el mantenimiento del sistema y la exportación de productos, servicios y desperdicios.

De la Orden (1997) propone un modelo que intenta abstraerse de las diferentes concepciones de la calidad docente, existentes de acuerdo al análisis planteado por Harvey y Green (1993), en el cual la calidad de un sistema educativo o de una institución, se definiría por un juicio de valor susceptible de apoyarse en múltiples criterios diferentes entre sí y, en ocasiones, contradictorios.

El modelo planteado permite superar la consideración aislada de las características específicas de los distintos elementos o componentes y centrar la atención en las relaciones entre los elementos de la educación universitaria o de instituciones

concretas, integrados en un sistema. Se trataría de identificar las relaciones entre los componentes de contexto, input, proceso, producto y propósitos del sistema y valorarlas en función de un conjunto de reglas bien establecido, derivado de un principio general; la calidad de la educación viene definida por un conjunto de relaciones de coherencia entre los componentes de un modelo sistémico de Universidad o de plan de estudios universitario conducente a un título.

Gráfico No 1: Modelo de Calidad Universitaria



Dado el enfoque sistémico adoptado, la calidad de la educación superior supone una relación de coherencia entre cada uno de los componentes del sistema. En unos casos, esta relación de coherencia o incoherencia será evidente, dada la proximidad estructural y/o funcional entre los componentes relacionados. Tal es el caso, por ejemplo, de la relación postulada entre "Metas y objetivos de la educación universitaria" (B) y las "Necesidades sociales" (A); o entre "Productos

de la educación universitaria" (C) y "Metas y Objetivos" (B). En estos casos, la relación aparece como directa e inmediata. En otros casos, la relación sería menos evidente, como, por ejemplo, la supuesta entre "Procesos de gestión" (D) y "Necesidades sociales" (A). Aquí se trata de relaciones indirectas y mediatas. Pero cualquier ruptura en la red de coherencias entre componentes supondría una limitación más o menos severa de la calidad educativa. (De la Orden, 1997).

Según esta teoría, el objetivo del sistema es la formación de profesionales que respondan a las necesidades y expectativas económicas y sociales, en tanto que la calidad de la educación universitaria se identifica con un complejo constructo explicativo de valoraciones, apoyado en la consideración conjunta de tres dimensiones interrelacionadas: **funcionalidad, eficacia y eficiencia**, expresión, a su vez, de un conjunto integrado de relaciones de coherencia entre los componentes básicos de la educación o de una institución universitaria concebidos como un sistema.

En primer lugar, la coherencia entre, por un lado, inputs, procesos, productos y metas y, por otro, expectativas y necesidades sociales define la calidad de la educación universitaria como **funcionalidad**.

En segundo lugar, la coherencia del producto con las metas y objetivos define la calidad de la educación universitaria como **eficacia o efectividad**.

En tercer lugar, la coherencia entre, por un lado, input y procesos y, por otro, producto, define la calidad de la educación universitaria como eficiencia.

Dentro del modelo, carece de sentido hablar de eficiencia, en ausencia de eficacia, y es dudoso considerar como eficaz una institución universitaria que logra unos objetivos poco relevantes para los estudiantes y para la sociedad, es decir, con un bajo nivel de funcionalidad. Por otra parte, una universidad será considerada escasamente eficaz y funcional si solamente logra algunos de los objetivos con alta significación social y falla en otros a causa de una deficiente distribución y uso de recursos docentes y de investigación.

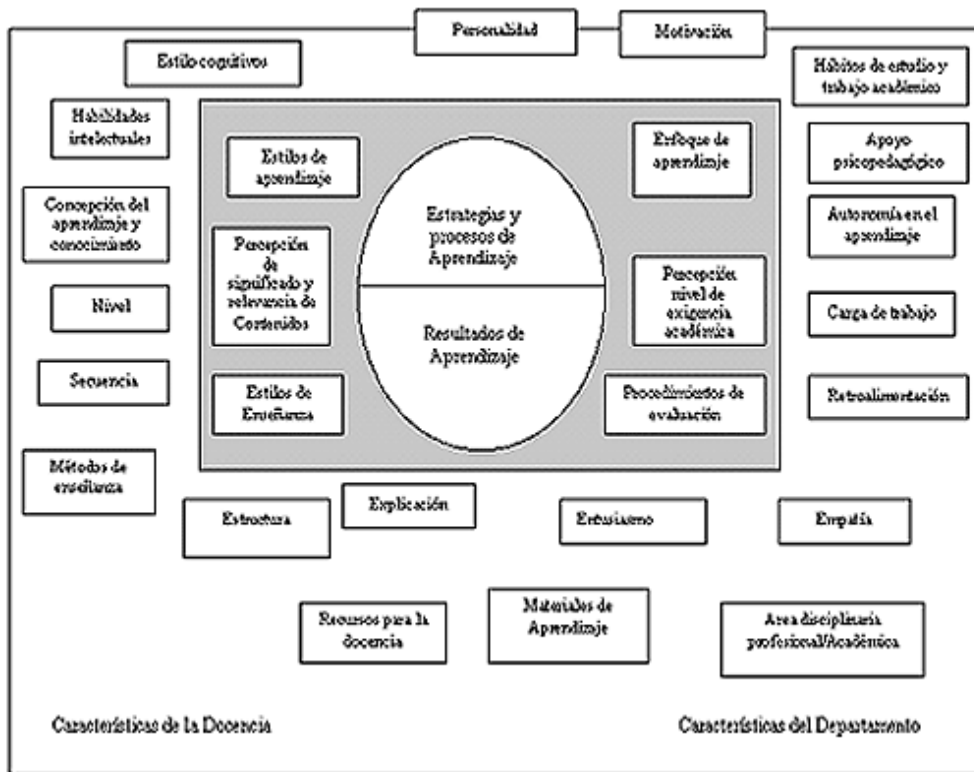
La calidad, en esta perspectiva, aparece como un continuo de forma escalar, cuyos puntos representan combinaciones de funcionalidad, eficacia y eficiencia, mutuamente implicados. Su grado máximo, la excelencia, supone un óptimo nivel de coherencia entre todos los componentes principales representados en el modelo sistémico. (De la Orden, 1997).

Modelo Heurístico de enseñanza – aprendizaje de Entwistle (1987):

Este modelo pone énfasis en la relación de tres componentes al interior de la actividad docente:

- a. El estudiante con sus estilos y estrategias de aprendizaje, rasgos de personalidad y componentes motivacionales;
- b. El docente con su estilo de enseñanza y sus características personales, y
- c. El contexto académico, con un perfil propio del quehacer disciplinario, una atmósfera social particular, definiciones de política de enseñanza, de evaluación del rendimiento, entre otras.

Gráfico No. 2: Modelo Heurístico de Enseñanza –Aprendizaje

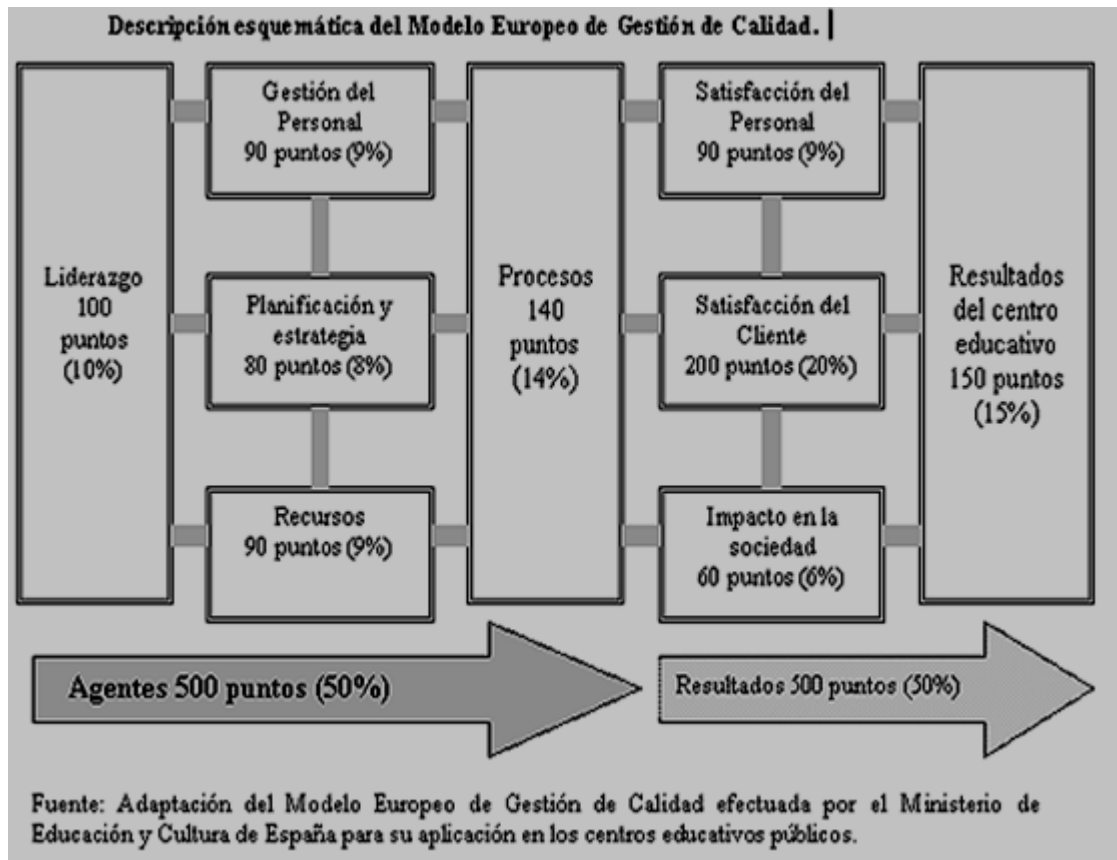


Este modelo está centrado en el proceso enseñanza-aprendizaje y en sus dos actores principales; estudiantes y docentes, subrayando el rol de las percepciones y motivaciones que poseen ambos al participar e interactuar en dicho proceso.

Modelo Europeo de Gestión de Calidad en Educación:

El modelo EFQM es un modelo normativo, cuyo concepto es la autoevaluación basada en un análisis detallado del funcionamiento del sistema de gestión de la organización usando como guía los criterios del modelo.

Gráfico No. 3: Modelo Europeo de Calidad



El modelo está compuesto por nueve criterios, los que son, a la vez, de gestión y de autoevaluación de la gestión y se agrupan en dos categorías: los criterios agentes, que reflejan el cómo de la gestión, y los criterios resultados que permiten conocer y valorar lo que obtiene el centro (institución de educación) como efecto de su actividad

Lo esencial del Modelo Europeo de Gestión de Calidad, adaptado a los centros educativos queda contenido en el siguiente enunciado emanado del Ministerio de Educación y Cultura de España. La satisfacción de los usuarios del servicio público de la educación, de los profesores y del personal no docente, y el impacto en la sociedad se consiguen mediante un liderazgo que impulse la planificación y la estrategia del centro educativo, la gestión de su personal, de sus recursos y sus procesos hacia la consecución de la mejora permanente de sus resultados.

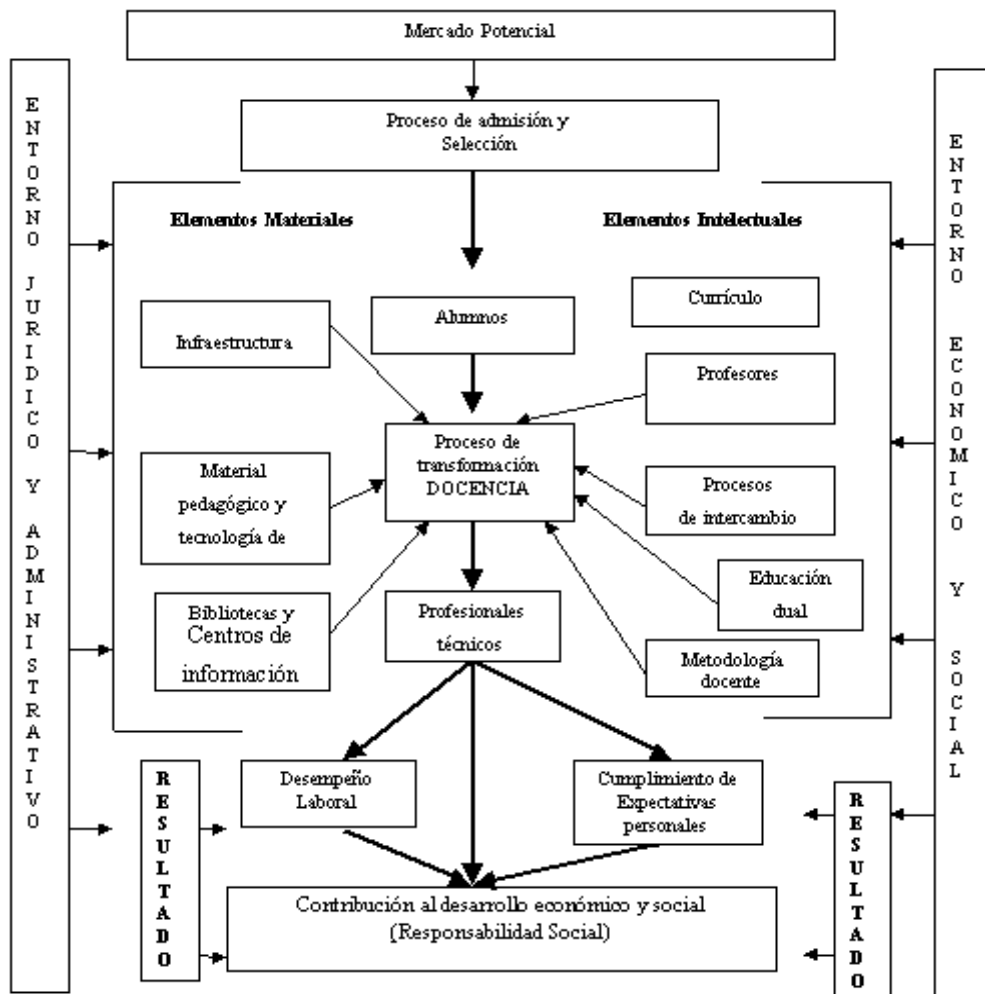
El modelo identifica una serie de características en los elementos clave de las organizaciones y propone que se comparen con ellas, analicen los puntos fuertes y las áreas de mejora y elaboren su planificación, asumiendo como objetivos la superación de sus deficiencias. Para mayor incentivo presenta un sistema de puntuación, que facilita la comparación interna en períodos sucesivos y, también con otras organizaciones. Asimismo, combina de forma ponderada el interés por las personas con la importancia de los recursos, de los procesos y de los resultados.

De acuerdo a este enfoque, la efectividad de la labor docente de un profesor no es independiente de la consideración que de él posean sus compañeros y la dirección; la eficiencia del aprendizaje de los alumnos está condicionada por el clima escolar de que goce la institución de educación; ambas circunstancias están afectadas por el liderazgo de la dirección y por la eficacia de la acción directiva y éstos, a su vez, son estimulados por los buenos resultados y por el reconocimiento y apoyo de la comunidad educativa. De ahí la necesidad de situar las acciones de mejora de la calidad en una perspectiva de gestión suficientemente amplia.

Pero, además, la aplicación del modelo va asociada a la implementación de un proceso de autoevaluación que permite valorar el progreso de la organización y establecer planes mejora.

Este enfoque aporta una estructura sistémica para una gestión de calidad que permita a la institución educativa, aprender mediante la comparación consigo mismo y le ayuda en la planificación, en la definición de estrategias, en el seguimiento de los progresos conseguidos y en la corrección de los errores y de las deficiencias.

Gráfico No.4: Descripción del proceso de docencia en la Educación Superior



2.4.1.9. Interacción Alumno-Docente

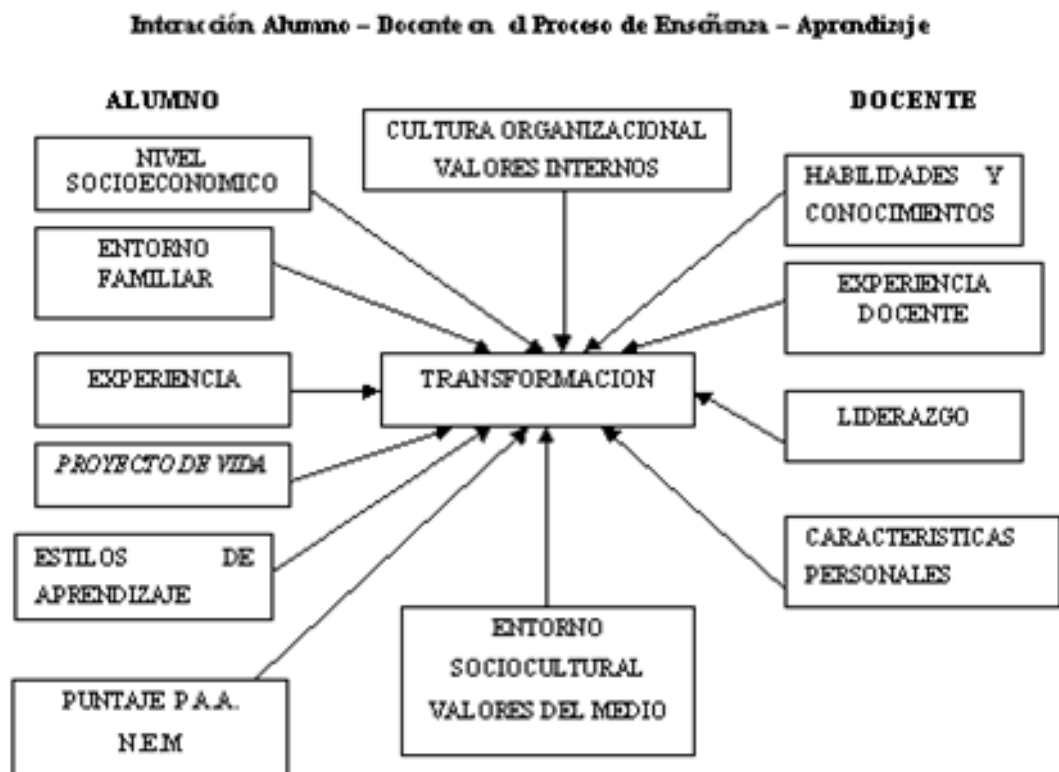
Dentro del modelo planteado se reconoce la vital importancia que, en el proceso de docencia, tiene el proceso de enseñanza–aprendizaje, sobre el cual, en la era de la información y el conocimiento, se han generado nuevos paradigmas, pasando del tradicional modelo centrado en el rol del profesor que enseña sus conocimientos a sus alumnos, relativamente pasivos, a un modelo centrado en el estudiante. Este en un rol más activo, con recursos a su alrededor que le permiten aprender y con un profesor como asesor y facilitador de este proceso, con particular capacidad en el desarrollo de habilidades, valores y actitudes.

Estos nuevos paradigmas han venido a transformar de fondo la forma en la que se "enseñan conocimientos", cobrando ahora una mayor importancia, junto a los conocimientos, la forma en la que se "aprende" y se "desarrollan" valores, habilidades y actitudes, las cuales dependen de complejas interacciones sociales.

Se plantea, asimismo que el proceso de enseñanza-aprendizaje sólo es eficaz, si se da a través de la relación entre lo cognitivo y lo afectivo. Los sujetos que participan en el proceso tienen necesidades, intereses y motivaciones que influyen en la relación alumno-profesor.

Resulta necesario para la comprensión del enfoque propuesto describir a los participantes del proceso; los alumnos y docentes, los cuales establecen una interacción directa enmarcada en valores y una cultura tanto institucional como del medio en que se encuentran insertos.

Gráfico No. 5: Interacción Alumno-Docente en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje



2.4.1.10. Concepciones sobre la Enseñanza

Las actividades de enseñanza que realizan los profesores están inevitablemente unidas a los procesos de aprendizaje que, siguiendo sus indicaciones, realizan los estudiantes. El objetivo de docentes y discentes siempre consiste en el logro de determinados objetivos educativos y la clave del éxito está en que los estudiantes puedan y quieran realizar las operaciones cognitivas convenientes para ello, interactuando adecuadamente con los recursos educativos a su alcance.

El principal objetivo del profesorado es que los estudiantes progresen positivamente en el desarrollo integral de su persona y, en función de sus capacidades y demás circunstancias individuales, logren los aprendizajes previstos en la programación del curso (establecida de acuerdo con las directrices del Proyecto Curricular de Centro, PPC).

Para ello deben realizar múltiples tareas: programar su actuación docente, coordinar su actuación con los demás miembros del centro docente, buscar recursos educativos, realizar las actividades de enseñanza propiamente dichas con los estudiantes, evaluar los aprendizajes de los estudiantes y su propia actuación, contactar periódicamente con las familias, gestionar los trámites administrativos.

De todas estas actividades, las intervenciones educativas consistentes en la propuesta y seguimiento de una serie de actividades de enseñanza a los estudiantes con el fin de facilitar sus aprendizajes constituyen lo que se llama el acto didáctico, y representa la tarea más emblemática del profesorado.

Actualmente se considera que el papel del profesorado en el acto didáctico es básicamente proveer de recursos y entornos diversificados de aprendizaje a los estudiantes, motivarles para que se esfuercen (dar sentido a los objetivos de aprendizaje, destacar su utilidad.), orientarles (en el proceso de aprendizaje, en el desarrollo de habilidades expresivas.) y asesorarles de manera personalizada (en la planificación de tareas, trabajo en equipo.); no obstante, a lo largo del tiempo ha

habido diversas concepciones sobre cómo se debe realizar la enseñanza, y consecuentemente sobre los roles de los profesores y sobre las principales funciones de los recursos educativos, agentes mediadores relevantes en los aprendizajes de los estudiantes.

La educación ha evolucionado desde la "pedagogía de la reproducción" a la "pedagogía de la imaginación" más basada en la indagación, la búsqueda y la pregunta que con la respuesta (Beltrán Llera, 2003), de estar centrada en la enseñanza y el profesor a centrarse en el aprendizaje y el alumno, de atender sobre todo a los productos a considerar la importancia de los procesos. A muy grandes rasgos las principales visiones sobre la enseñanza, que han ido evolucionando de manera paralela a la evolución de las concepciones sobre el aprendizaje ofreciendo prescripciones sobre las condiciones óptimas para enseñar, pueden concretarse así:

- La clase magistral expositiva (modelo didáctico expositivo). Antes de la existencia de la imprenta (s. XV) y de la difusión masiva de los libros, cuando solamente unos pocos accedían a la cultura, el profesor (en la universidad o como tutor de familia) era prácticamente el único proveedor de información que tenían los estudiantes (junto con las bibliotecas universitarias y monacales) y la clase magistral era la técnica de enseñanza más común. La enseñanza estaba centrada en el profesor y el aprendizaje buscaba la memorización del saber que transmitía el maestro de manera sistemática, estructurada, didáctica...

- La clase magistral y el libro de texto (modelo didáctico instructivo). Poco a poco, los libros se fueron difundiendo entre la sociedad, se crearon muchas nuevas bibliotecas, la cultura se fue extendiendo entre las diversas capas sociales y los libros fueron haciendo acto de presencia en las aulas. No obstante, el profesor seguía siendo el máximo depositario de la información que debían conocer los alumnos y su memorización por parte de éstos seguía considerándose necesaria, a

pesar de la existencia de diversos pensadores sobre temas pedagógicos (Comenius, Rousseau.), algunos de los cuales defendían ideas distintas.

El libro de texto complementaba las explicaciones magistrales del profesor y a veces sugería ejercicios a realizar para reforzar los aprendizajes. El profesor era un instructor y la enseñanza estaba ahora centrada en los contenidos que el alumno debía memorizar y aplicar para contestar preguntas y realizar ejercicios que le ayudarían a simular los contenidos.

- La escuela activa (modelo didáctico alumno activo). A principios del siglo XX y con la progresiva "democratización del saber" iniciada el siglo anterior (enseñanza básica para todos, fácil acceso y adquisición de materiales impresos) surge la idea de la "escuela activa" (Dewey, Freinet, Montessori.). Se considera que el alumno no debe estar pasivo recibiendo y memorizando la información que le proporcionan el profesor y el libro de texto; la enseñanza debe proporcionar entornos de aprendizaje ricos en recursos educativos (información bien estructurada, actividades adecuadas y significativas) en los que los estudiantes puedan desarrollar proyectos y actividades que les permitan descubrir el conocimiento, aplicarlo en situaciones prácticas y desarrollar todas sus capacidades (experimentación, descubrimiento, creatividad, iniciativa.). La enseñanza se centra en la actividad del alumno, que a menudo debe ampliar y reestructurar sus conocimientos para poder hacer frente a las problemáticas que se le presentan.

No obstante, y a pesar de diversas reformas en los planes de estudios, durante todo el siglo XX esta concepción coexistió con el modelo memorístico anterior basado en la clase magistral del profesor y el estudio del libro de texto, complementado todo ello con la realización de ejercicios de aplicación generalmente rutinarios y repetitivos.

- La enseñanza abierta y colaborativa (modelo didáctico colaborativo). A finales del siglo XX los grandes avances tecnológicos y el triunfo de la globalización

económica y cultural configuran una nueva sociedad, la "sociedad de la información". En este marco, con el acceso cada vez más generalizado de los ciudadanos a los "mass media" e Internet, proveedores de todo tipo de información, y pudiendo disponer de unos versátiles instrumentos para realizar todo tipo de procesos con la información (los ordenadores), se va abriendo paso un nuevo curriculum básico para los ciudadanos y un nuevo paradigma de la enseñanza: "la enseñanza abierta".

En este nuevo paradigma, heredero de los principios básicos de la escuela activa, cambian los roles del profesor, que reduce al mínimo su papel como transmisor de información: presenta y contextualiza los temas, enfatiza en los aspectos más importantes o de difícil comprensión, destaca sus aplicaciones, motiva a los alumnos hacia su estudio... Los estudiantes pueden acceder fácilmente por su cuenta a cualquier clase de información, de manera que el docente pasa a ser un orientador de sus aprendizajes, proveedor y asesor de los recursos educativos más adecuados para cada situación, organizador de entornos de aprendizaje, tutor, consultor. El profesor se convierte en un mediador de los aprendizajes de los estudiantes, cuyos rasgos fundamentales son (Tebar, 2003):

- Es un experto que domina los contenidos, planifica (pero es flexible).
- Establece metas: perseverancia, hábitos de estudio, autoestima, meta cognición. Siendo su principal objetivo construir habilidades en el mediado para lograr su plena autonomía.
- Regula los aprendizajes, favorece y evalúa los progresos; su tarea principal es organizar el contexto en el que se ha de desarrollar el sujeto. La individualización, el tratamiento de la diversidad (estilos cognitivos, ritmo personal de aprendizaje, conocimientos previos...), son aspectos esenciales de una buena docencia, y se suele realizar mediante: adecuaciones metodológicas: de los objetivos y contenidos, de las secuencias instructivas y el ritmo de trabajo, de la metodología y los recursos adecuaciones organizativas: organización de los espacios, distribución del alumnado, agrupamientos, distribución de las tareas.

- Fomenta el logro de aprendizajes significativos, transferibles.
- Fomenta la búsqueda de la novedad: curiosidad intelectual, originalidad. Pensamiento convergente.
- Potencia el sentimiento de capacidad: autoimagen, interés por alcanzar nuevas metas.
- Enseña qué hacer, cómo, cuándo y por qué, ayuda a controlar la impulsividad
- Comparte las experiencias de aprendizaje con los alumnos: discusión reflexiva, fomento de la empatía del grupo.
- Atiende las diferencias individuales
- Desarrolla en los alumnos actitudes positivas: valores..

Los alumnos trabajan colaborativamente entre ellos y también con el profesor. El objetivo es construir conocimiento.

Las funciones de la enseñanza:

Según Gagné para que pueda tener lugar el aprendizaje, la enseñanza debe realizar 10 funciones:

- Estimular la atención y motivar
- Dar a conocer a los alumnos los objetivos de aprendizaje
- Activar los conocimientos y habilidades previas de los estudiantes. relevantes para los nuevos aprendizajes a realizar (organizadores previos)
- Presentar información sobre los contenidos a aprender u proponer actividades de aprendizaje
- Orientar las actividades de aprendizaje de los estudiantes
- Incentivar la interacción de los estudiantes con las actividades de aprendizaje, con los materiales, con los compañeros... y provocar sus respuestas
- Tutorizar, proporcionar feed-back a sus respuestas
- Facilitar actividades para la transferencia y generalización de los aprendizajes
- Facilitar el recuerdo

- Evaluar los aprendizajes realizados

"Las personas siempre buscamos adaptarnos al entorno, y éste constituye uno de los principales motores del aprendizaje".

"Todos los estudiantes pueden aprender, aunque algunos tardan más".

"Además, no todo aprendizaje se manifiesta en el momento en que se aprende".

"La memoria y el aprendizaje están íntimamente ligadas a las emociones".

"Se trata de conseguir que cada alumno consiga su máximo nivel de excelencia"

(Jesús A. Beltrán, UCM).

2.4.1.11. Naturaleza de la Investigación de Operaciones

Como su nombre lo dice, la Investigación de Operaciones significa "hacer investigación sobre las operaciones". Entonces, la investigación de operaciones se aplica a problemas que se refieren a la conducción y coordinación de operaciones (o actividades) dentro de una organización.

La naturaleza de la organización es esencialmente inmaterial y, de hecho, la investigación de operaciones se ha aplicado de manera extensa en áreas tan diversas como la manufactura, el transporte, la constitución, las telecomunicaciones, la planeación financiera, el cuidado de la salud, la milicia y los servicios públicos, por nombrar sólo unas cuantas. Así, la gama de aplicaciones es extraordinariamente amplia.

La investigación de operaciones usa el método científico para investigar el problema en cuestión. (De hecho, en ocasiones se usa el término ciencias de la administración como sinónimo de investigación de operaciones). En particular, el proceso comienza por la observación cuidadosa y la formulación del problema incluyendo la recolección de los datos pertinentes. El siguiente paso es la construcción de un modelo científico (por lo general matemático) que intenta abstraer la esencia del problema real. En este punto se propone la hipótesis, que es una representación lo suficientemente precisa de las características esenciales de

la situación como para que las conclusiones (soluciones) obtenidas sean válidas también para el problema real. Después, se llevan a cabo los experimentos adecuados para probar esta hipótesis, modificarla si es necesario y eventualmente verificarla. (Con frecuencia este paso se conoce como validación del modelo). Entonces, en cierto modo, la investigación de operaciones incluye la investigación científica creativa de las propiedades fundamentales de las operaciones. Sin embargo, existe más que esto.

En particular, la Investigación de Operaciones se ocupa también de la administración práctica de la organización. Así, para tener éxito, deberá también proporcionar conclusiones claras que pueda usar el tomador de decisiones cuando las necesite.

Una característica más de la investigación de operaciones es su amplio punto de vista organizacional. De esta manera, intenta resolver los conflictos de intereses entre las componentes de la organización de forma que el resultado sea el mejor para la organización completa. Esto no significa que el estudio de cada problema deba considerar en forma explícita todos los aspectos de la organización sino que los objetivos que se buscan deben ser consistentes con los de toda ella.

Una característica adicional es que la investigación de operaciones intenta encontrar una mejor solución, para el problema bajo consideración. (Decimos 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.

Aun cuando debe interpretarse con todo cuidado en términos de las necesidades reales de la administración, esta "búsqueda de la optimidad" es un aspecto importante dentro de la investigación de operaciones.

Es evidente que no puede esperarse que un solo individuo sea un experto en todos los múltiples aspectos del trabajo de investigación de operaciones o de los problemas que se estudian; se requiere un grupo de individuos con diversos antecedentes y habilidades, entonces, cuando se va a emprender un estudio de

investigación de operaciones completo relacionado a un nuevo problema, por lo general es necesario formar el equipo de trabajo.

Este debe incluir individuos con antecedentes firmes en matemáticas, estadística y teoría de probabilidades, al igual que en economía, administración de empresas, ciencias de la computación, ingeniería, ciencias físicas, ciencias del comportamiento y, por supuesto, en las técnicas especiales de investigación de operaciones. El equipo también necesita tener la experiencia y las habilidades necesarias para permitir la consideración adecuada de todas las ramificaciones del problema a través de la organización.

2.4.1.12. Definiciones de la Investigación de Operaciones

Como toda disciplina en desarrollo la investigación de operaciones ha ido evolucionando no sólo en sus técnicas y aplicaciones sino en la forma como la conceptualizan los diferentes autores, en la actualidad no existe solamente una definición sino muchas, algunas demasiado generales, otras demasiado engañosas, aquí seleccionamos dos de las mas aceptadas y representativas.

La definición de Churchman, Ackoff y Arnoff: la investigación de operaciones es la aplicación por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de organizaciones o sistemas (hombre-máquina), a fin de que se produzcan soluciones que sirvan a los objetivos de la organización

De ésta definición se pueden destacar los siguientes conceptos:

1. Una organización es un sistema formado por componentes que se interaccionan, unas de estas interacciones pueden ser controladas y otras no.

2. En un sistema la información es una parte fundamental, ya que entre las componentes fluye información que ocasiona la interacción entre ellas. También dentro de la estructura de los sistemas se encuentran recursos que generan interacciones. Los objetivos de la organización se refieren a la eficacia y eficiencia con que las componentes pueden controlarse, el control es un mecanismo de autocorrección del sistema que permite evaluar los resultados en términos de los objetivos establecidos.
3. La complejidad de los problemas que se presentan en las organizaciones ya no encajan en una sola disciplina del conocimiento, se han convertido en multidisciplinario 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.
4. La investigación de operaciones es la aplicación de la metodología científica a través modelos matemáticos, primero para representar al problema y luego para resolverlo. La definición de la sociedad de investigación de operaciones de la Gran Bretaña es la siguiente: La investigación de operaciones es el ataque de la ciencia moderna a los complejos problemas que surgen en la dirección y en la administración de grandes sistemas de hombres, máquinas, materiales y dinero, en la industria, en los negocios, en el gobierno y en la defensa. Su actitud diferencial consiste en desarrollar un modelo científico del sistema tal, que incorpore valoraciones de factores como el azar y el riesgo y mediante el cual se predigan y comparen los resultados de decisiones, estrategias o controles alternativos. Su propósito es el de ayudar a la gerencia a determinar científicamente sus políticas y acciones.

Fuente:

<http://www.itson.mx/dii/elagarda/apagina2001/PM/uno.html#introduccion>

2.4.1.13. Origen y Evolución de la Investigación Operativa

A inicios de la segunda guerra mundial surgieron muchos problemas de carácter militar, las grandes potencias se preocuparon de dar pasos para solucionar s estos problemas con un enfoque científico que permita lograr éxito en las operaciones bélicas. Destacados científicos en las diversas ramas a través de constantes investigaciones pretendieron “optimizar” sus objetivos, entendiéndose como optimización el logro de un resultado meta utilizando el menor número de recursos en el menor tiempo posible y con el mejor sentido de habilidad.

Surgieron tres elementos básicos para definir una operación de ataque militar:

Estrategia (precisión de un objetivo)

Logística (recursos disponibles)

Táctica (forma, habilidad para cumplir el objetivo con los recursos disponibles)

Sucesivamente, se encontró éxito en estas operaciones de carácter bélico. Se realizaron muchos ensayos para comprobar el razonamiento científico; intensas investigaciones, procesos de observación, estadística, frecuencias, probabilidades, llegando a precisar una nueva forma de apreciación sobre los problemas.

Los conceptos de estrategia logística y táctica, originados inicialmente en las ciencias militares, fueron rápidamente recogidos por empresas industriales, despertándose muchas inquietudes, muy versátiles, en distintos campos de aplicación dentro de la industria. Cabe agregar que surgieron nuevos modelos, se amplió la iniciativa a la empresa se la consideraba como un todo, integrándola en muchos aspectos: producción administración, tecnología, tiempos y tareas., es decir dando importancia a todos aquellos factores que directa o indirectamente tiene que ver con la permanencia del producto y de la empresa.

A pesar de considerarla a la investigación operativa una ciencia nueva, su aceptación hoy es casi general. Los casos resueltos a través de sus métodos

realmente son numerosos y acogidos con un sentido de practicidad y eficiencia inusitado.

Problemas planteados han sido resueltos mediante Programación lineal, Programación Dinámica, Método de transporte, Método GANTT y PERT-CPM, entre otros. Hoy podría decirse que toda empresa de dimensión grande o mediana, aplican frecuentemente y con buenos resultados los métodos de la investigación operativa, pues contribuye eficazmente a optimizar una gran parte de los objetivos.

Fuente: Investigación operativa en las decisiones de la empresa

Autor: MALDONADO, Hernán

2.4.1.14. Características esenciales de la Investigación Operativa.

Relaciones funcionales en un sistema.-

Significa que la actividad de cualquier función o parte de una empresa tiene algún efecto en la actividad de cualquier otra función o parte. A fin de evaluar cualquier decisión o acción de una organización, es necesario identificar todas las interacciones importantes y determinar su efecto en toda la organización comparándolas con la función involucrada originalmente; al principio de un programa, las relaciones funcionales se amplían deliberadamente, a fin de que todas las funciones que interactúan en forma significativa, así como sus componentes relativos, los abarque la expresión del problema. Así pues tratando un problema de Investigación de Operaciones, habrá que examinar y escoger las funciones y sus componentes relativos en vista del significado y de la mensurabilidad de sus interacciones. Esto suministra una base para iniciar investigaciones sobre los problemas que parezcan afectar la actuación de una zona determinada de la empresa a un nivel más alto o más bajo o al mismo nivel. Este

enfoque permite también descubrir y resolver el verdadero problema en vez, de ocuparse de los síntomas del problema actual.

Grupo Interdisciplinario.-

Una de las principales razones de la existencia de grupos de investigación de operaciones es que se aplican al problema los conocimientos científicos más recientes, y es igualmente importante su capacidad para desarrollar nuevos métodos, procedimientos y sistemas que son más eficaces para tratar el problema que cualesquiera de los que se puede disponer actualmente.

Esto tiene sentido, porque nadie tiene el tiempo suficiente para adquirir toda la información científica útil de todas las disciplinas para disponer inmediatamente de ella.

Método básico de investigación de operaciones.-

La investigación operacional utiliza métodos científicos, en la administración organizativa de una empresa, se basa en la construcción de modelos matemáticos que pueden resultar expresiones muy complejas, lo que hace que al final los modelos tomen la forma de un sistema de ecuaciones; como base de esas relaciones matemáticas (sencillas o complejas) de una ecuación, hay una estructura relativamente simple.

Descubrimiento de nuevos problemas.-

Los problemas interrelacionados que descubra el enfoque de la Investigación Operativa no tienen que resolverse todos al mismo tiempo. Sin embargo, cada uno de ellos habrá de resolverse, puede decirse que la Investigación Operativa no se utiliza eficazmente si se restringe a programas de un solo objetivo. Pueden obtenerse mayores beneficios mediante la continuidad de las investigaciones. La

aplicación de sus resultados no necesita esperar hasta que se resuelvan todos los problemas interrelacionados.

Modelos en la Investigación Operativa.-

Los modelos de investigación operativa se basan principalmente en técnicas matemáticas y estadísticas. De manera especial emplean sistemas de ecuaciones, inecuaciones, distribuciones, estadísticas, vectores, matrices, probabilidades.

La investigación operacional comienza describiendo algún sistema mediante un modelo que explique sus principales fases dentro de estudio y son:

- Formulación del problema
- Construcción de un modelo para representar el sistema bajo estudio
- Deducción de una solución a partir del modelo
- Prueba del modelo y de la solución deducida de éste
- Establecimiento de controles sobre la solución
- Poner la solución a trabajar: ejecución

La consecución de objetivos planteados en el modelo, requiere también de un seguimiento permanente administrado en tal forma que nos permita conocer las interferencias que en la práctica se presentan así estaremos en capacidad de evaluar el comportamiento, sugerir cambios e ir familiarizándonos con la búsqueda de mejoras a efectos de logra el objetivo planteado.

2.4.2. Variable Dependiente

2.4.2.1. Ciencias Exactas

Bajo la denominación de “ciencias exactas”, se incluye a la matemática y a todas las ciencias que se sustentan en la experimentación y la observación y pueden sistematizarse utilizando el lenguaje matemático para expresar sus conocimientos.

Otras expresiones con un uso similar al de las ciencias exactas son los de ciencias duras, ciencias puras o ciencias fundamentales. El epistemólogo alemán Rudolf Carnap fue el primero en dividir a la ciencia en ciencias puras y ciencias aplicadas.

Las ciencias exactas admiten predicciones especialmente precisas y utilizan métodos rigurosos para comprobar las hipótesis formuladas, bien sea mediante deducciones o razonamientos irrefutables, o bien a través de experimentos repetibles en los que las medidas y las predicciones sean cuantificables objetivamente.

Este término implica una dicotomía entre las ciencias exactas y las llamadas ciencias sociales como por ejemplo la sociología y la economía. En estas la experimentación y la predicción no juegan papeles tan relevantes, y no producen, ni normalmente pretenden producir, resultados que sean calculables de una manera objetiva, sino que encierran cierto grado de subjetividad. Esta dicotomía no debe entenderse como una frontera rígida de dos campos opuestos y sin conexión. Como ejemplos clásicos de ciencias exactas se encuentran la matemática, la física, la astronomía, la química y ciertas ramas de la biología.

<http://definicion.de/ciencias-exactas/>

2.4.2.2. Ciencias Exactas no Experimentales

Las ciencias exactas no experimentales, trabajan con objetos ideales. A partir de ciertos axiomas, los científicos realizan deducciones que no tiene un sustento perteneciente a la realidad sensible.

Estas disciplinas, por lo tanto, pueden desarrollarse con la deducción lógica de nuevas proposiciones a partir de los axiomas o mediante la introducción de nuevos axiomas (que no pueden deducirse de los ya existentes pero que tampoco los contradicen).

Es importante tener en cuenta que estos axiomas no están considerados como verdaderos o falsos, sino como consistentes. Esto se entiende con mayor facilidad al pensar que los conocimientos aportados por las matemáticas, la física o la química, entre otras ciencias exactas no pueden considerarse verdaderos o falsos, sino que se juzga su coherencia y validez.

Algunas ciencias (como la matemática, la geometría y la lógica simbólica) no se sustentan en la realidad sensible (es decir, en fenómenos) para desarrollar su corpus de conocimiento, sino en objetos ideales. En estas ciencias, se parte de axiomas, es decir, premisas indemostradas que se utilizan como punto de partida para hacer deducciones.

2.4.2.3. Ciencias Experimentales

Son aquellas que verifican sus hipótesis mediante la experimentación, se nutren de la realidad fenoménica desentendiéndose de una supuesta realidad transcendente. Utilizan el método científico y se pueden comprobar mediante experimentos repetibles.

http://es.wikipedia.org/wiki/Ciencias_exactas

2.4.2.4. Método Científico

Cada ciencia, y aún cada investigación concreta, generan su propio método de investigación. Como método de forma general se entiende el proceso mediante el cual una teoría científica es validada o bien descartada. La forma clásica del método de la ciencia ha sido la inducción (formalizada por Francis Bacon en la ciencia moderna), pero que ha sido fuertemente cuestionada como el método de la ciencia, especialmente por Karl Popper, quien sostiene que el método de la ciencia es el hipotético-deductivo

En todo caso, cualquier método científico requiere estos criterios:

a.- La reproducibilidad, es decir, la capacidad de repetir un determinado experimento en cualquier lugar y por cualquier persona. Esto se basa, esencialmente, en la comunicación y publicidad de los resultados obtenidos. En la actualidad éstos se publican generalmente en revistas científicas y revisadas por pares.

b.-La falsabilidad, es decir, la capacidad de una teoría de ser sometida a potenciales pruebas que la contradigan. Bajo este criterio se delimita el ámbito de lo que es ciencia de cualquier otro conocimiento que no lo sea: es el denominado criterio de demarcación de Karl Popper. La corroboración experimental de una teoría científicamente "probada" —aún la más fundamental de ellas— se mantiene siempre abierta a escrutinio (ver falsacionismo).

Existe una serie de pasos inherentes al proceso científico, pasos que suelen ser respetados en la construcción y desarrollo de nuevas teorías. Estos son:

1.- Observación: consiste en el registro de fenómenos que forman parte de una muestra.

2.- Descripción: trata de una detallada descripción del fenómeno.

- 3.- Inducción: la extracción del principio general implícito en los resultados observados.
- 4.- Hipótesis: planteamiento de las hipótesis que expliquen dichos resultados y su relación causa-efecto.
- 5.- Experimentación: comprobación de las hipótesis por medio de la experimentación controlada.
- 6.- Demostración o refutación de las hipótesis.
- 7.- Comparación universal: constante contrastación de hipótesis con la realidad.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Ciencia>

2.4.2.5. Definición de Modelo

El modelo es una representación o abstracción de una situación u objeto reales, que muestra las relaciones (directas e indirectas) y las interrelaciones de la acción y de la reacción en términos de causa y efecto. Como un modelo es una abstracción de la realidad, puede parecer menos complicado que la misma. Para que sea completo el modelo, debe ser representativo de aquellos aspectos de la realidad que están.

2.4.2.6. Tipos de Modelos.

Las diferentes clasificaciones de los modelos dan una idea adicional de sus características esenciales, porque pueden describirse de muchos modos. Los modelos pueden clasificarse por sus dimensiones, funciones, propósitos, temas o grado de abstracción. La base más común es la de los tipos de modelos que incluye los tipos básicos: icónicos, analógico y simbólicos (matemáticos).

Modelos Icónicos.- Es una representación física de algunos objetos, ya sea en forma idealizada o en escala distinta. Para expresarlo de otro modo, una

representación es un modelo icónico hasta el grado en que sus propiedades sean las mismas que tiene lo que representa. Los modelos icónicos son muy adecuados para la descripción de acontecimientos en un momento específico del tiempo.

Modelos Analógicos.- Pueden representar dinámicas y se usan más que los icónicos porque pueden mostrar las características del acontecimiento que se estudia. Las curvas de demanda, las curvas de distribución de frecuencia en estadísticas y los diagramas de flujo, son adecuados para representar relaciones cuantitativas entre las propiedades de los objetos de varias clases.

Modelos Simbólicos.- Muestran representaciones de la realidad y toman la forma de cifras, símbolos y matemáticas; comienzan como modelos abstractos que formamos en nuestra mente y que luego se registran como modelos simbólicos. Un tipo de modelo que se usa frecuentemente en la IO es una ecuación. Una ecuación es concisa precisa y fácil de comprender.

2.4.2.7. Tipos de modelos Matemáticos.

Cuantitativos y Cualitativos.- La IO se encarga de la sistematización de los modelos cualitativos y de su desarrollo hasta que puedan cuantificarse; esto lo hace mediante el empleo del análisis lógico, sistemas de clasificación, métodos de ordenamiento, teoría de conjuntos análisis dimensional y teoría de decisión

Cuando construimos un modelo matemático e insertamos símbolos para representar constantes y variables, llamamos a esto un modelo cuantitativo. Se considera que una ecuación matemática es modelo de ese tipo, porque representa una abstracción de las relaciones o series de valores que se obtiene mediante procesos algebraicos son ejemplos comunes de modelos matemáticos.

Estándar y hechos a la medida.- Se usan para poder describir las técnicas que han llegado a asociarse con la IO. Se obtiene un modelo de hecho a la medida cuando se usan conceptos básicos de las diversas disciplinas y especialmente de las matemáticas, para construir un modelo que se ajuste al problema que se trate.

Un modelo de hecho a la medida puede extender el tiempo y el costo para resolver el problema de modo aceptable.

Probabilístico y Determinístico.- Los modelos que se basan en las probabilidades y en las estadísticas y que se ocupan de incertidumbres futuras se llaman probabilistas. Los modelos cuantitativos que no contienen consideraciones probabilísticas se llaman modelos determinísticos; aunque ambos modelos se ocupan de acontecimientos o eventos presentes y futuros, en los modelos deterministas se usan valores precisos y determinados, mientras que esto no ocurre en los probabilísticos.

Descriptivos y de Optimización.- Son descriptivos cuando se construye una condición del mundo real y tiene la capacidad de solución, sin embargo en este modelo no se hace intento alguno para escoger la mejor alternativa. Cuando se usa un modelo de optimización, se hace un esfuerzo concertado para llegar a una solución óptima cuando se presentan alternativas, por consiguiente un modelo de optimización se ocupa de una respuesta óptima, mientras que el modelo descriptivo no intenta seleccionar la mejor alternativa, sino tan sólo de describir las selecciones presentes.

Estáticos y Dinámicos.- Los modelos estáticos se ocupan de determinar una respuesta para una serie especial de condiciones fijas que probablemente no cambiarán de manera significativa a corto plazo, un buen ejemplo de este es la programación lineal. Un modelo estático dará por resultado la mejor solución basada en esa condición estática sin embargo la capacidad de producción y los requerimientos de tiempo de los productos pueden cambiar finalmente y lo hacen así debido a las condiciones internas y externas. Un modelo dinámico está sujeto

al facto de tiempo, que desempeña un papel esencial en la secuencia de las decisiones, el modelo dinámico nos permite encontrar las decisiones óptimas para los períodos que quedan todavía en el futuro.

Simulación y no Simulación.- La simulación es un método que comprende cálculos secuenciales paso por paso, donde puede reproducirse el funcionamiento de los problemas o sistemas de gran escala; en modelo de simulación los datos de entrada pueden ser reales o generados.

Los modelos no simulados tiene técnicas preparadas para sus soluciones respectivas, un modelo construido a la medida es el mejor enfoque cuando la simulación no es compatible con el problema de investigación que se estudia.

2.4.2.8. Etapas de un Modelo de la Investigación de Operaciones

Formulación del problema.-

En la formulación del problema deben estar bien establecidos los objetivos, los cursos alternativos de acción, las restricciones y los efectos del sistema en estudio sobre los sistemas relacionados, debe haber completo acuerdo en estos puntos entre las personas que inician el estudio de la Investigación de Operaciones y las personas que lo realizan. La efectividad debe estar en armonía con los objetivos de la organización total; es decir en estudios de la IO debe tomarse desde un punto de vista global, debe incluir todas las ramas de la organización

Construcción de un Modelo.-

Es un conjunto de ecuaciones que describen un sistema o problema. El modelo matemático generalmente contiene dos clases de ecuaciones: la función objetivo y las restricciones.

La Función Objetivo, frecuentemente denominada ecuación objetivo, es una expresión matemática del objetivo del estudio; por ejemplo la expresión matemática de la ganancia o costo de una operación particular. Las restricciones son las expresiones matemáticas de las limitaciones sobre una operación o sistema.

Las ecuaciones objetivo y de restricción son funciones de dos tipos de variables, variables controlables (de decisión) y de variables incontrolables. Una variable controlable es aquella que puede ser directamente controlada por quien toma las decisiones. Los valores de esas variables deben determinarse. Las variables incontrolables son aquellas que nos están bajo el control directo de quien toma las decisiones.

Debe acordarse de que un modelo es una aproximación de un sistema real; por consiguiente todas las variables pueden estar incluidas en el modelo. Esto a veces es mal interpretado por personas no familiarizadas con el enfoque de la Investigación Operativa; ningún especialista en el tema reclamará que su modelo incluye todas las posibles variables o que las respuestas obtenidas a partir de un modelo son infalibles cuando se aplican a un sistema real en estudio. Cualquier procedimiento aproximado está sujeto a un error. Lo que se pretende es hacer el error tan pequeño como sea posible.

La descripción de un sistema mediante un modelo hace posible analizar el sistema y ensayar diferentes alternativas sin interrumpir el sistema real. Otra ventaja es que un modelo tiende a hacer más explícito el problema, y puede aclarar las relaciones importantes entre las variables. Un modelo aclarará qué variables son importantes y que datos son necesarios para el análisis de un sistema. Una vez formulado el modelo, es posible analizar el problema.

Deducción de una Solución.-

Una vez establecido un modelo matemático, el siguiente paso es obtener una solución al problema a partir del modelo. Esto se lleva a cabo determinando la solución óptima del modelo y luego aplicando esta solución al problema real.

Prueba del modelo y de la Solución.-

Después de obtener una solución deben probarse. Esto puede hacerse en dos pasos:

- 1.- Usando datos pasados haciendo una comparación entre el rendimiento real del sistema y el rendimiento indicado por el modelo, y
- 2.- Permitiendo operar al sistema sin cambios y comparando su rendimiento con aquel modelo. El valor del modelo y su solución puede juzgarse con base a estas operaciones.

Establecimiento de Controles.-

Una vez que el modelo y su solución se consideran aceptables, deben colocarse controles sobre la solución. Estos controles se establecen para detectar cambios significativos de las condiciones en las cuales se basa el modelo. Obviamente, si cambian tanto el modelo ya que no es una representación precisa del sistema, el modelo se invalida. Por consiguiente, debe establecerse algún mecanismo para detectar cualquier cambio del sistema tan pronto como sea posible de manera que le modelo pueda revisarse y refleje esos cambios.

Ejecución.-

La ejecución de la solución obtenida a partir del modelo es la última fase de un estudio de la Investigación de Operaciones. En esta fase el grupo interdisciplinario explica la solución a la administración responsable del sistema en estudio. Es importante que la explicación de la solución en función de los procedimientos usados en el sistema real. Una vez que haya acuerdo sobre la solución, es responsabilidad de ambas partes traducir la solución en un procedimiento de operación de fácil comprensión. El éxito de un estudio depende del apoyo recibido de la administración. Un método de obtener este apoyo es hacer a la administración un participante activo de todas las fases del estudio de Investigación Operativa.

2.4.2.9. Métodos Cuantitativos de la Investigación de Operaciones.

Los modelos para la resolución de problemas pueden agruparse en varias formas básicas para la resolución útil de la teoría de probabilidades de las estadísticas y las matemáticas que son:

- Teoría de las Probabilidades
- Técnicas matemáticas
- Modelos de Secuenciación
- Modelos de Reemplazo
- Modelos de Inventario
- Modelos de Asignación
- Modelos de Programación Dinámica
- Modelos Competitivos
- Modelos de Líneas en Espera
- Técnicas de Simulación
- Modelos de Ruta
- Métodos de Búsqueda y Heurísticos

- Métodos combinados de Investigación de Operaciones.

Fuente: Toma de decisiones por medio de Investigación en Operaciones

Autor: THIERAUF Robert, GROSSE Richard

2.4.2.10. Campos de Aplicación de la Investigación Operativa:

Los campos de aplicación son múltiples. Se utiliza casi en todo tipo de gestión que requiera la intervención de recursos para un objetivo determinado y reúna características muy bien definidas.

Desde la aplicación en áreas militares, en forma sucesiva los métodos operacionales han ido encontrando aceptación en los siguientes sectores:

- Industria
- Agricultura
- Construcción
- Transporte
- Energía
- Banca
- Minería
- Comunicaciones

Desde el punto de vista de unidades económicas la Investigación Operativa es un valioso instrumento para resolver problemas relacionados con los siguientes aspectos:

- Producción
- Distribución
- Precios
- Inventarios
- Selección y renovación de equipos
- Mercado

2.4.2.11. Modelos de Investigación de Operaciones

Los modelos de toma de decisiones más empleados de la Investigación de Operaciones en la educación superior en Administración de Empresas son:

Modelos de Programación Lineal

Modelos de Transporte

Modelo de Asignación

Modelo de la Ruta más corta

Modelo del Árbol de Expansión Mínima

Modelo de Redes PERT-CPM

2.4.2.12. Modelos de Programación Lineal

La programación lineal es un medio matemático que permite asignar una cantidad fija de recursos a la satisfacción de varias demandas en tal forma que mientras se optimiza algún objetivo se satisfacen otras condiciones definidas.

2.4.2.13. Modelos de Transporte

El modelo de transporte busca determinar un plan de transporte de una mercancía de varias fuentes a varios destinos.

2.4.2.14. Modelo de Asignación

Es un modelo especial en el que a cada tarea le corresponde un solo recurso.

2.4.2.15. Modelo de la Ruta más corta

Es un modelo que busca minimizar las distancias, tiempos o costos.

2.4.2.16. Modelo del Árbol de Expansión Mínima

En terminología de redes el árbol de expansión mínima se refiere a utilizar las ramas de la red para llegar a todos los nodos de la red, de manera de minimizar la longitud total de todas las ramas.

2.4.2.17. Modelo de Redes PERT-CPM

Modelo muy utilizado en la dirección y control de proyectos, identificando para ello la ruta crítica.

2.4.2.18. Eficiencia y Productividad

Estos términos responden justamente a la optimización de los recursos limitados de una empresa, como son las materias primas, las maquinarias y equipos, recursos financieros y del talento humano. En otras palabras lo que busca la productividad y eficiencia es el lograr más con menos, es decir, lograr los objetivos empresariales con el máximo aprovechamiento de los recursos, de manera de obtener una mayor competitividad.

2.4.1.19. Los Procesos de Aprendizaje

Los aprendizajes son el resultado de procesos cognitivos individuales mediante los cuales se asimilan informaciones (hechos, conceptos, procedimientos, valores), se construyen nuevas representaciones mentales significativas y funcionales (conocimientos), que luego se pueden aplicar en situaciones diferentes a los contextos donde se aprendieron.

Superando el simple "saber algo más", suponen un cambio del potencial de conducta como consecuencia del resultado de una práctica o experiencia (conocer es poder). Aprender no solamente consiste en adquirir nuevos conocimientos, también puede consistir en consolidar, reestructurar, eliminar. Conocimientos que ya tenemos. En cualquier caso, siempre conllevan un cambio en la estructura física del cerebro y con ello de su organización funcional, una modificación de los esquemas de conocimiento y/o de las estructuras cognitivas de los aprendices, y se consigue a partir del acceso a determinada información, la comunicación interpersonal (con los padres, profesorado, compañeros.) y la realización de determinadas operaciones cognitivas.

| ACCESO A LA INFORMACIÓN | PROCESO DE LA INFORMACIÓN (Operaciones cognitivas) | PRODUCTO OBTENIDO (<i>Concepciones del aprendizaje</i>) | APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO/EVALUACIÓN (Operaciones cognitivas) |
|---|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Entorno físico, otras personas. -Materiales didácticos: Convencionales, AV, TIC. - Entorno massmediático - Internet (cibespacio) | <ul style="list-style-type: none"> - Captación, análisis - Interacción, experimentación. - Comunicación con otros, negociación de significados - Elaboración, reestructuración, síntesis | <ul style="list-style-type: none"> - Memorización (conceptos, hechos, procedimientos, normas) - Habilidad-rutina/motriz - Comprensión - conocimiento + estrategias cognitivas | <ul style="list-style-type: none"> - En situaciones conocidas (repetición) - En nuevas situaciones (procesos de comunicación, transferencia) |

Los procesos de aprendizaje son las actividades que realizan los estudiantes para conseguir el logro de los objetivos educativos que pretenden. Constituyen una actividad individual, aunque se desarrolla en un contexto social y cultural, que se produce a través de un proceso de interiorización en el que cada estudiante concilia los nuevos conocimientos en sus estructuras cognitivas previas; debe implicarse activamente reconciliando lo que sabe y cree con la nueva información). La construcción del conocimiento tiene pues dos vertientes: una vertiente personal y otra social.

Las concepciones sobre el aprendizaje y sobre los roles que deben adoptar los estudiantes en estos procesos han evolucionado desde considerar el aprendizaje como una adquisición de respuestas automáticas (adiestramiento) o adquisición y reproducción de datos informativos (transmitidos por un profesor) a ser entendido como una construcción o representación mental (personal y a la vez colectiva,

negociada socialmente) de significados (el estudiante es un procesador activo de la información con la que genera conocimientos que le permiten conocer y transformar la realidad además de desarrollar sus capacidades). En cualquier caso hoy en día aprender es más complejo que el mero recuerdo, no significa ya solamente memorizar la información, es necesario también:

- Conocer la información disponible y seleccionarla (hay mucha a nuestro alcance: libros, TV, prensa, Internet...) en función de las necesidades del momento
- Analizarla y organizarla; interpretarla y comprenderla
- Sintetizar los nuevos conocimientos e integrarlos con los saberes previos para lograr su "apropiación" e integración en los esquemas de conocimiento de cada uno.
- Aplicarla. Considerar relaciones con situaciones conocidas y posibles aplicaciones. En algunos casos valorarla, evaluarla.

Lo que se corresponde con los 6 niveles básicos de objetivos según su complejidad cognitiva que considera Bloom: conocer, comprender, aplicar, analizar, sintetizar y valorar.

El aprendizaje siempre implica:

- Una recepción de datos, que supone un reconocimiento y una elaboración semántico-sintáctica de los elementos del mensaje (palabras, iconos, sonido) donde cada sistema simbólico exige la puesta en juego actividades mentales distintas: los textos activan las competencias lingüísticas, las imágenes las competencias perceptivas y espaciales, etc.
- La comprensión de la información recibida por parte del estudiantes que, a partir de sus conocimientos anteriores (con los que establecen conexiones sustanciales), sus intereses (que dan sentido para ellos a este proceso) y sus habilidades

cognitivas, analizan, organizan y transforman (tienen un papel activo) la información recibida para elaborar conocimientos.

- Una retención a largo plazo de esta información y de los conocimientos asociados que se hayan elaborado.

- La transferencia del conocimiento a nuevas situaciones para resolver con su concurso las preguntas y problemas que se planteen.

Para que se puedan realizar aprendizajes son necesarios tres factores básicos:

- **Inteligencia y otras capacidades y conocimientos previos (poder aprender):**

para aprender nuevas cosas hay que estar en condiciones de hacerlo, se debe disponer de las capacidades cognitivas necesarias para ello (atención, proceso.) y de los conocimientos previos imprescindibles para construir sobre ellos los nuevos aprendizajes. También es necesario poder acceder a la información necesaria.

- **Motivación (querer aprender):** para que una persona realice un determinado aprendizaje es necesario que movilice y dirija en una dirección determinada energía para que las neuronas realicen nuevas conexiones entre ellas. La motivación dependerá de múltiples factores personales (personalidad, fuerza de voluntad.), familiares, sociales y del contexto en el que se realiza el estudio (métodos de enseñanza, profesorado.)

Además, los estudiantes que se implican en los aprendizajes son más capaces de definir sus objetivos formativos, organizar sus actividades de aprendizaje y evaluar sus resultados de aprendizaje; se apasionan más por resolver problemas (transfieren el conocimiento de manera creativa) y en comprender y avanzar autónomamente en los aprendizajes durante toda la vida.

- **Experiencia (saber aprender):** los nuevos aprendizajes se van construyendo a partir de los aprendizajes anteriores y requieren ciertos hábitos y la utilización de determinados instrumentos y técnicas de estudio:

- Instrumentales básicas: observación, lectura, escritura...
- Repetitivas (memorizando): copiar, recitar, adquisición de habilidades de procedimiento.
- De comprensión: vocabulario, estructuras sintácticas...
- Elaborativas (relacionando la nueva información con la anterior): subrayar, completar frases, resumir, esquematizar, elaborar diagramas y mapas conceptuales, seleccionar, organizar...
- Exploratorias: explorar, experimentar.
- De aplicación de conocimientos a nuevas situaciones, creación
- Regulativas (meta cognición): analizando y reflexionando sobre los propios procesos cognitivos

Gráfico No. 6: El aprendizaje: Cultura-Sociedad



Los principios del aprendizaje

- Las bases del aprendizaje: poder (capacidad), saber (experiencia), querer (motivación).
- Información adecuada.
- Motivación
- Ley del ejercicio: cuanto más se practica y repite lo aprendido, más se consolida.
- Ley de la intensidad: se aprende mejor con las experiencias fuertes e intensas que con las débiles.
- Ley de la multisensorialidad: cuantos más sentidos (vista, oído...) se impliquen en los aprendizajes, éstos serán más consistentes y duraderos
- Ley del efecto: las personas tendemos a repetir las conductas satisfactorias y a evitar las desagradables
- Ley de la extinción: los aprendizajes que no se evocan en mucho tiempo, tienden a extinguirse
- Ley de la resistencia al cambio: los aprendizajes que implican cambios en nuestros hábitos y pautas de conducta se perciben como amenazadores y resulta difícil consolidarlos.
- Ley de la transferencia: los aprendizajes realizados son transferibles a nuevas situaciones.
- Ley de la novedad: las cuestiones novedosas se aprenden mejor que las rutinarias y aburridas
- Ley de la prioridad: las primeras impresiones suelen ser más duraderas
- Ley de la autoestima: las personas con un buen concepto sobre sus capacidades. Aprenden con más facilidad

Factores que favorecen los aprendizajes.

- ¿Qué necesitamos para aprender?: Información, procesarla (comprender, memorizar, integrar con la previa), aplicarla (ver utilidad)
- Motivación. Hay motivación para aprender cuando: hay necesidad, cuando lo que se sabe no basta o no funciona. También se aprende para saber (almacenar) o hacer cosas (dos tipos de estudiantes: los que les gusta aprender, los que aprenden cuando les interesa para algo).
- Actividad: "para comprender una cosa, lo mejor es hacer algo con ella, tratar de cambiarla...". Equilibrar las clases magistrales con otras actividades
 - Actividades significativas, actividades relacionadas con problemáticas relevantes para los estudiantes
- Actividades estructuradas, por ejemplo resolución de problemas estructurados.
- Contextualizadas en el entorno personal y social de los estudiantes.
- Que faciliten un aprendizaje constructivo, asociando los nuevos contenidos a los conocimientos anteriores: cuando los nuevos conocimientos originan un conflicto con los esquemas cognitivos previos, se hace necesaria una reestructuración conciliadora que lleva a un nuevo equilibrio con unos esquemas más flexibles y complejos.
- Control de la actividad: el alumno se siente protagonista, controla la actividad, es consciente de su estilo de aprendizaje y de sus procesos de aprendizaje, construye sus estrategias y recursos.
- Colaborativas. Investigaciones y otras actividades en grupo (con aceptación de responsabilidades, discusión en pequeño grupo, negociación...) que permitan explorar nuevos conocimientos, estimulen el desarrollo del pensamiento de orden superior, la aplicación y reflexión del propio conocimiento, compartir el conocimiento con los demás considerar la diversidad como un valor... Los estudiantes aprenden mejor cuando deben tomar decisiones sobre su experiencia educativa en el contexto de

una secuencia de aprendizaje organizada y en situaciones que exijan la colaboración para alcanzar un objetivo común.

Tipos de Aprendizaje

Aprendizaje receptivo: en este tipo de aprendizaje el sujeto sólo necesita comprender el contenido para poder reproducirlo, pero no descubre nada.

Aprendizaje por descubrimiento: el sujeto no recibe los contenidos de forma pasiva; descubre los conceptos y sus relaciones y los reordena para adaptarlos a su esquema cognitivo.

Aprendizaje memorístico: surge cuando la tarea del aprendizaje consta de asociaciones puramente arbitrarias o cuando el sujeto lo hace arbitrariamente. Supone una memorización de datos, hechos o conceptos con escasa o nula interrelación entre ellos.

Aprendizaje repetitivo: se produce cuando el alumno memoriza contenidos sin comprenderlos o relacionarlos con sus conocimientos previos, no encuentra significado a los contenidos.

Aprendizaje significativo: es el aprendizaje en el cual el sujeto relaciona sus conocimientos previos con los nuevos dotándolos así de coherencia respecto a sus estructuras cognitivas.

Estilos de Aprendizajes

Honey y Mumford, en base a la teoría de Kolb estableció que los estilos de aprendizaje son cuatro: Alonso et al (1994:104)

. Activos: Los alumnos activos se involucran totalmente y sin prejuicios en las experiencias nuevas.

. Reflexivos: Los alumnos reflexivos tienden a adoptar la postura de un observador que analiza sus experiencias desde muchas perspectivas distintas. Recogen datos y los analizan detalladamente antes de llegar a una conclusión

. Teóricos: Los alumnos teóricos adaptan e integran las observaciones que realizan en teorías complejas y bien fundamentadas lógicamente

. Pragmáticos: A los alumnos pragmáticos les gusta probar ideas, teorías y técnicas nuevas, y comprobar si funcionan en la práctica.

El modelo de Programación Neuro Lingüística se centra en como el individuo selecciona la información, mediante el uso de sus sentidos, denominándose este modelo como VAK, que hace referencia al uso visual, auditivo y kinestésico.

Según **Pérez Jiménez J (2001)**, las características de los tres sistemas que utiliza el modelo VAK son:

a.- Sistema de representación visual: Los alumnos visuales aprenden mejor cuando leen o ven la información de alguna manera. En una conferencia, por ejemplo, preferirán leer las fotocopias o transparencias a seguir la explicación oral, o, en su defecto, tomarán notas para poder tener algo que leer.

b.- Sistema de representación auditivo: Cuando recordamos utilizando el sistema de representación auditivo lo hacemos de manera secuencial y ordenada. Los alumnos auditivos aprenden mejor cuando reciben las explicaciones oralmente y cuando pueden hablar y explicar esa información a otra persona.

2.5. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS ALTERNATIVA

La Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones mejorará el Proceso de Aprendizaje de los Modelos Matemáticos, en la Escuela de Administración de Empresas de la Pontificia Universidad Católica sede Ambato.

HIPÓTESIS NULA

La Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones no mejorará el Proceso de Aprendizaje de los Modelos Matemáticos, en la Escuela de Administración de Empresas de la Pontificia Universidad Católica sede Ambato.

2.6 VARIABLES

2.6.1. Variable Independiente

Orientación didáctica de la Investigación Operativa

2.6.2. Variable Dependiente

Proceso de aprendizaje de modelos matemáticos

CAPITULO III

3.- METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

El trabajo de investigación presenta tanto el enfoque cualitativo como cuantitativo.

Enfoque Cualitativo

Porque recolecta información acerca del origen y evolución de la investigación de operaciones, sus técnicas de estudio, campos en los que se aplica, ventajas y desventajas en un proceso de producción y la resolución óptima de problemas enfocados a modelos matemáticos y que se aplicarán en la carrera de administración de empresas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato.

Enfoque Cuantitativo

Es también cuantitativa porque se basa en modelos matemáticos, es decir que se trabajará con problemas algebraicos para la toma de decisiones y presenta ejemplos de los métodos en estudio del proyecto realizado y presentará tanto las ventajas como las limitaciones de cada modelo matemático aplicado en la administración de empresas.

3.2 MODALIDAD BASICA DE LA INVESTIGACION

En el desarrollo del trabajo de investigación se utilizarán las siguientes modalidades:

- Bibliográfica

- De Campo

3.2.1. Investigación bibliográfica

Por cuanto se recurrió a información de textos o páginas electrónicas para el respaldo teórico de las variables en estudio.

3.2.2. Investigación de Campo

Porque se realizó encuestas para determinar el nivel de la orientación didáctica de la investigación de operaciones y la construcción de modelos matemáticos, directamente a los involucrados como son autoridades, docentes y estudiantes.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIACION

3.3.1. Investigación Exploratoria

Este tipo de investigación permitirá conocer la problemática, es decir, la inadecuada orientación de operaciones y la construcción de modelos matemáticos.

3.3.2. Investigación Descriptiva

Esta investigación de segundo nivel permitirá describir las situaciones o eventos, en que se desarrolla la orientación didáctica, es decir, el cómo se manifiesta el fenómeno a estudiar, buscando identificar las razones por la cual no se desarrollan adecuadamente la creatividad y razonamiento de los educandos.

3.3.3. Investigación Correlacional

Este nivel de investigación busca medir el grado de interrelación que existe entre las variables de estudio, es decir, la Variable Independiente: Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones y la Variable Dependiente: Proceso de Aprendizaje de los Modelos Matemáticos.

3.3.4. Investigación Explicativa

Este tipo de investigación tiene como objetivo, a más de medir el grado de relación que existe entre las variables, determinar estadísticamente si la variación en una las variables hace que la otra también varíe, lo que permitirá verificar la hipótesis.

3.4 POBLACION Y MUESTRA

3.4.1. POBLACION

La población o universo es el conjunto de todos los elementos, medidas, individuos u objetos que tienen una característica común y que consiste en los elementos a investigar. Cuando las poblaciones son muy grandes resulta complicado analizar a cada componente o elemento a más de ser económicamente muy caro, por lo que se recurre a las muestras o subconjunto de esa población.

Sin embargo para el presente estudio se ha considerado a todos los elementos a investigar, es decir, a la totalidad de la población, en razón de que ésta no es extensa.

En este caso la población del estudio está comprendida por el director de escuela, los docentes y estudiantes del semestre en estudio, tal como se indica en el cuadro siguiente:

Tabla No. 1: Población de Estudio

| Personas | Número |
|---------------------|--------|
| Estudiantes | 43 |
| Director de Escuela | 1 |
| Docentes | 5 |
| Total | 49 |

Elaborado por: Miguel Torres

Para la investigación no se utilizará ninguna muestra, sino la población en general.

3.5. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

3.5.1. Variable Independiente

Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones

| Conceptualización | Categoría | Indicadores | Ítems | Técnica e Instrumento |
|--|---|--|---|--|
| La Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones es un proceso sistemático de calidad educativa que consiste en ayudar a los estudiantes en periodo formativo a desarrollar sus potencialidades como individuo, aprovechando inteligentemente sus oportunidades educacionales para construir su propio conocimiento sobre la Investigación de Operaciones | Calidad Educativa Potencialidades del individuo Oportunidades educacionales Investigación de Operaciones | Rol del docente Rol del estudiante Grado de comprensión Eficiencia y Capacidad de construcción del conocimiento Toma de decisiones | ¿Cuenta el docente con un modelo de orientación didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Investigación de Operaciones? ¿Cree que cuenta con una adecuada investigación de operaciones? ¿Asimila el proceso de enseñanza-aprendizaje? ¿Es eficiente en aprovechar sus habilidades en el planteamiento y solución de problemas? ¿Le permite esta herramienta a una adecuada toma de decisiones? | Técnica: Encuesta Instrumento: Cuestionario |

3.5.2. Variable Dependiente

Proceso de Aprendizaje de los Modelos Matemáticos

| Conceptualización | Categoría | Indicadores | Ítem | Técnica e Instrumento |
|---|------------------------|---|---|------------------------------|
| <p>Proceso de aprendizaje de Modelos matemáticos es un proceso secuencial que permite al educando manejar herramientas para la toma de decisiones en el campo de la construcción de los modelos matemáticos</p> | Proceso de Aprendizaje | Creatividad | ¿Asimila hechos, conceptos, procedimientos y valores? | Técnica: Encuesta |
| | Modelos Matemáticos | Plantea y soluciona problemas mediante la construcción de modelos matemáticos | <p>¿Los modelos matemáticos facilitan la toma de decisiones?</p> <p>¿Formula, construye y ejecuta los modelos matemáticos ajustados a la realidad nacional?</p> <p>¿Emplea el modelo matemático acorde a las necesidades?</p> | Instrumento: Cuestionario |

3.6. PLAN DE RECOLECCION DE LA INFORMACION

3.6.1. Encuesta

Es en técnica de recolección de información, mediante lo cual los informantes responden por escrito a preguntas formuladas igualmente por escrito. Como instrumento a utilizar es el cuestionario que refleja las preguntas a ser contestadas por los encuestados

Esta técnica se empleó con la finalidad de recabar información relevante sobre las variables en estudio y que permitirá realizar tomar las decisiones para la propuesta, una vez que se determine su situación actual.

3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Para el procesamiento de la información se realizó las siguientes actividades:

- Revisión crítica de la información recogida
- Tabulación de los cuadros según variables
- Representaciones gráficas
- Análisis e interpretación de los resultados estadísticos

CAPITULO IV

4.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LOS ESTUDIANTES

CUESTIONARIO

Pregunta No. 1.- ¿Considera de importancia a la Investigación de Operaciones como herramienta para la toma de decisiones?

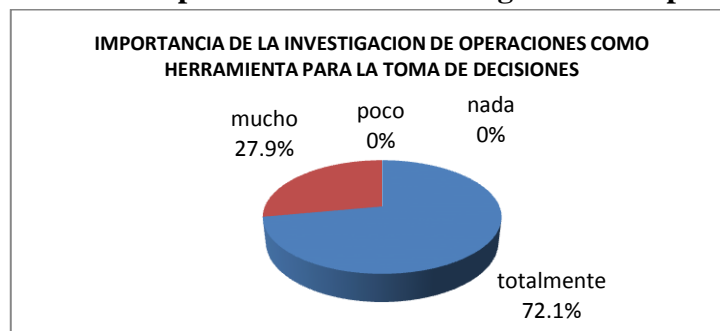
Tabla No. 2: Importancia de la Investigación de Operaciones

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 31 | 72.1 |
| Mucho | 12 | 27.9 |
| Poco | - | - |
| Nada | - | - |
| Total | 43 | 100.0 |

Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 7: Importancia de la Investigación de Operaciones



Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 72.1% y el 27.9% exteriorizan estar totalmente y muy de acuerdo sobre la importancia de la Investigación de Operaciones como herramienta para la toma de decisiones.

INTERPRETACION

Prácticamente la totalidad de los estudiantes consideran de mucha importancia a la Investigación de Operaciones como una herramienta para la toma de decisiones, en razón de la practicidad de sus modelos en la solución de problemas empresariales.

Pregunta No.2.- ¿Considera que la información estadística y del álgebra matricial de sistemas lineales son base para la introducción de la Investigación de Operaciones?

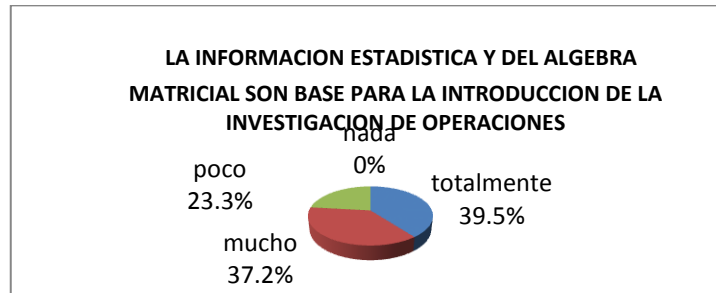
Tabla No. 3: Información Estadística y Álgebra Matricial

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 17 | 39.5 |
| Mucho | 16 | 37.2 |
| Poco | 10 | 23.3 |
| Nada | - | - |
| Total | 43 | 100.0 |

Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 8: Información Estadística y Álgebra Matricial



Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 23.3% cree que la información estadística y del álgebra matricial contribuye poco para empezar a introducirse en la Investigación de Operaciones, mientras que el 23.3% piensa que ayuda mucho y el 37.2% opina que son la base primordial para introducirse y entender esta herramienta gerencial.

INTERPRETACION

Las tres cuarta partes de los encuestados manifiestan que la información estadística y del álgebra matricial es base importante para la introducción de la Investigación de Operaciones en vista de que esta herramienta utiliza métodos matemáticos y estadísticos para la definición correcta del problema y su solución práctica.

Pregunta No. 3.- ¿Una adecuada orientación didáctica de la Investigación de Operaciones formaría al estudiante como un profesional altamente idóneo para el campo laboral?

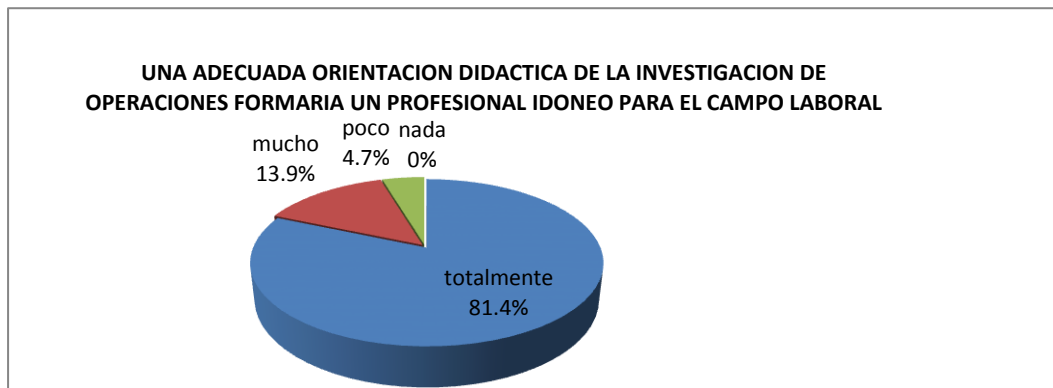
Tabla No. 4: Orientación Didáctica

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 35 | 81.4 |
| Mucho | 6 | 13.9 |
| Poco | 2 | 4.7 |
| Nada | - | - |
| Total | 43 | 100.0 |

Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 9: Orientación Didáctica



Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 81.4% está totalmente de acuerdo de que una adecuada orientación didáctica de la Investigación de Operaciones les formaría como profesionales idóneos para desarrollarse en el campo laboral, en tanto que el 13.9% y el 4.7% manifiestan que mucho o poco respectivamente.

INTERPRETACIÓN

Casi el 95% de los estudiantes encuestados manifiestan que una adecuada orientación didáctica les ayudaría a desarrollarse idóneamente en el campo laboral puesto que la Investigación de Operaciones como herramienta es una de las que permite plantear problemas utilizando diferentes métodos que conlleven al análisis de alternativas para la toma de decisiones empresariales.

Pregunta No. 4.- ¿Los recursos didácticos que maneja el docente para la Investigación de Operaciones, como diapositivas, computadoras, material de apoyo, lecturas son de importancia para la enseñanza aprendizaje?

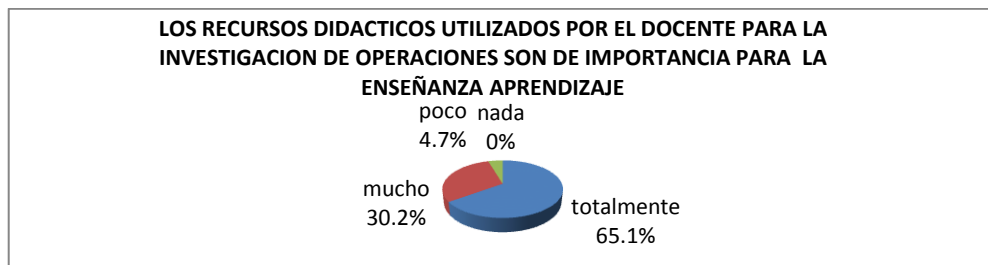
Tabla No. 5: Recursos didácticos

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 28 | 65.1 |
| Mucho | 13 | 30.2 |
| Poco | 2 | 4.7 |
| Nada | - | - |
| Total | 43 | 100.0 |

Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 10: Recursos didácticos



Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

Sobre los recursos didácticos utilizados por el docente para la Investigación de Operaciones, el 65,1% manifiestan que son de importancia para la enseñanza aprendizaje, el 30.2% piensa que ayuda mucho, mientras que el 4.7% dice que es de poco beneficio.

INTERPRETACIÓN

Los recursos didácticos empleados por los docentes juegan un papel trascendental en la enseñanza aprendizaje porque a través de ellos se logrará una mayor comprensión de los modelos y métodos que utiliza la Investigación de Operaciones y que a su vez permite el desarrollo de la creatividad para enfrentar los diversos problemas organizacionales y empresariales.

Pregunta No. 5.- ¿Considera que los modelos matemáticos manejados por los docentes contribuyen eficazmente para el aprendizaje de la Investigación de Operaciones?

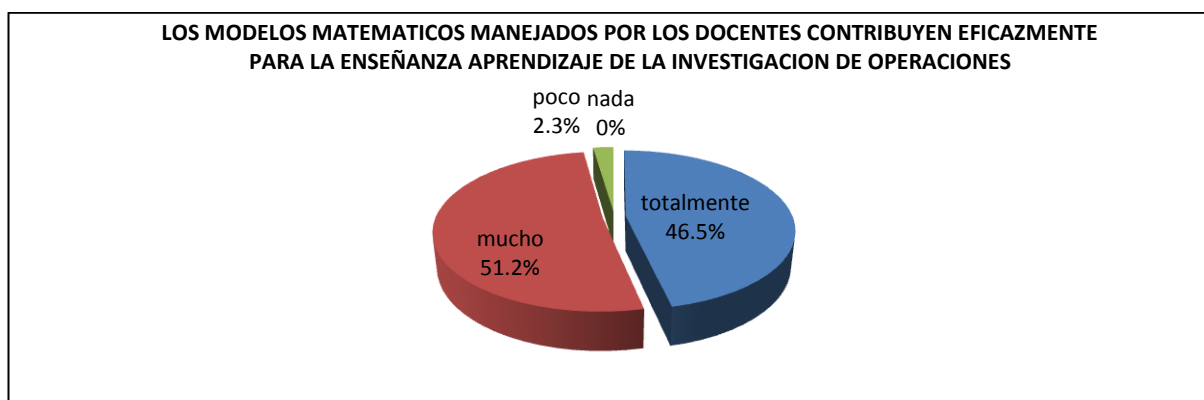
Tabla No. 6: Modelos matemáticos

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 20 | 46.5 |
| Mucho | 22 | 51.2 |
| Poco | 1 | 2.3 |
| Nada | - | - |
| Total | 43 | 100.0 |

Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 11: Modelos matemáticos



Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 46.5% de los encuestados están totalmente de acuerdo de que los modelos matemáticos manejados por los docentes contribuyen eficazmente en la enseñanza aprendizaje de la Investigación de Operaciones, en tanto que el 51.2% manifiesta que ayudan mucho, mientras que apenas el 2.3% creen que contribuyen poco.

INTERPRETACIÓN

Casi la totalidad de los encuestados concluyen que los modelos matemáticos planteados les permiten asimilar las relaciones complejas que presentan las organizaciones y la forma de cómo puede hallarse las soluciones factibles y óptimas.

Pregunta No. 6.- ¿Los modelos matemáticos utilizados en la enseñanza – aprendizaje de la Investigación de Operaciones tienen la aplicabilidad en el sector empresarial?

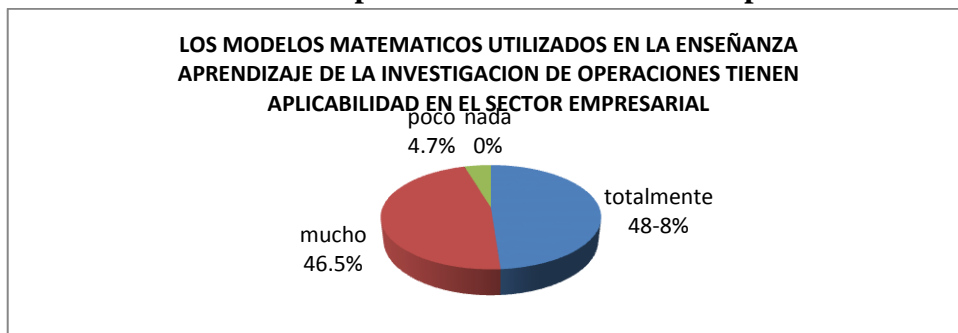
Tabla No. 7: Aplicabilidad en el sector empresarial

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 21 | 48.8 |
| Mucho | 20 | 46.5 |
| Poco | 2 | 4.7 |
| Nada | - | - |
| Total | 43 | 100.0 |

Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 12: Aplicabilidad en el sector empresarial



Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 48,8% reconoce estar totalmente de acuerdo en que los modelos matemáticos utilizados en la enseñanza aprendizaje de la Investigación de Operaciones tienen aplicabilidad en el sector industrial, el 46,5% dice que mucho y apenas el 4,7% señala estar poco de acuerdo.

INTERPRETACIÓN

Los estudiantes encuestados indican casi en su totalidad (94.3%), que las aplicaciones de los modelos matemáticos llevadas en clase proporciona los elementos de juicio necesarios para ser considerados en la solución de problemas empresariales muy complejos.

Pregunta No. 7.- ¿Resuelven los modelos matemáticos problemas referentes a la producción, comercialización, distribución, asignación, que son actividades inherentes a la empresa?

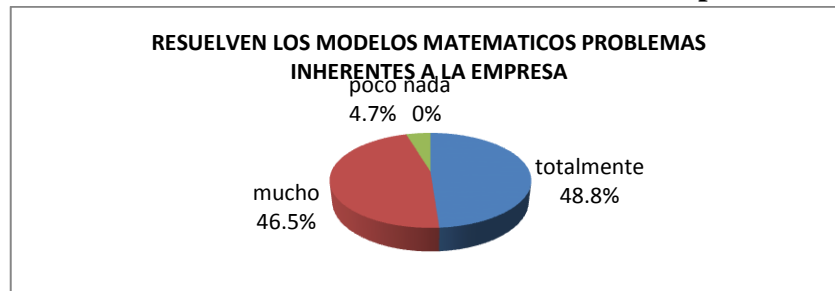
Tabla No. 8: Modelos matemáticos resuelven problemas

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 21 | 48.8 |
| Mucho | 20 | 46.5 |
| Poco | 2 | 4.7 |
| Nada | - | - |
| Total | 43 | 100. |

Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 13: Modelos matemáticos resuelven problemas



Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

Al igual que la pregunta anterior, el 48.8%, el 46.5% y el 4.7% está totalmente, muy y poco de acuerdo respectivamente en que los modelos matemáticos ayudan a resolver problemas inherentes a la empresa.

INTERPRETACIÓN

Casi todos opinan que los modelos matemáticos empleados en la Investigación de Operaciones ayudan a resolver los problemas de las organizaciones debido a que su practicidad permite enfrentar estas complicaciones que comúnmente se presentan a diario en diferentes áreas de las empresas, como son: producción, comercialización, transporte, asignación, etc., y que les corresponderá como profesionales, dar solución a los mismos, desarrollando todas sus habilidades y destrezas.

Pregunta No. 8.- Considera de importancia que para la orientación didáctica de investigación de Operaciones y el desarrollo de los modelos matemáticos en la enseñanza aprendizaje se apliquen software?

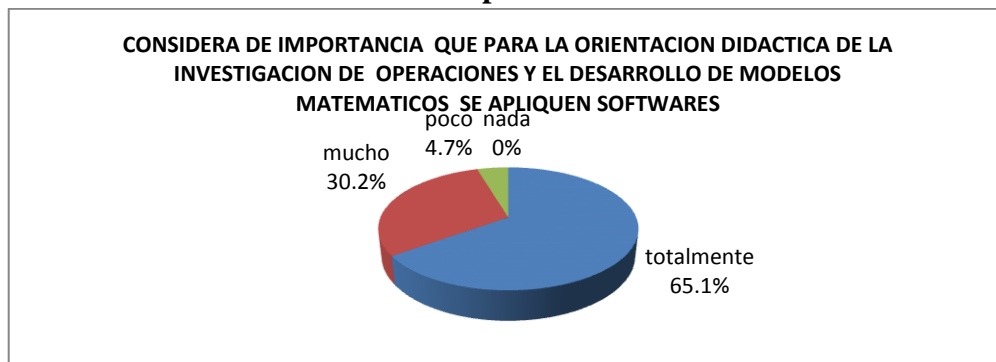
Tabla No. 9: Aplicación de software

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 28 | 65.1 |
| Mucho | 13 | 30.2 |
| Poco | 2 | 4.7 |
| Nada | - | - |
| Total | 43 | 100.0 |

Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 14: Aplicación de software



Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 65.1% indica en forma total la importancia de aplicar software dentro de la orientación didáctica de la Investigación de Operaciones y en el desarrollo de modelos matemáticos, el 30.2% opina que mucho y el 4.7% señala que es de poca importancia.

INTERPRETACIÓN

El 95.3% considera que ante la complejidad de los problemas que presentan las organizaciones es necesario emplear programas informáticos que coadyuven a encontrar las soluciones óptimas a estas dificultades, siendo el complemento ideal de la creatividad y razonamiento que despliega el educando en el planteamiento y resolución de los problemas empresariales.

Pregunta No. 9.- ¿Considera que para la enseñanza – aprendizaje de la Investigación de Operaciones y el desarrollo de modelos matemáticos es necesario contar con el material de apoyo adecuado que permita al estudiante desarrollar sus habilidades y destrezas?

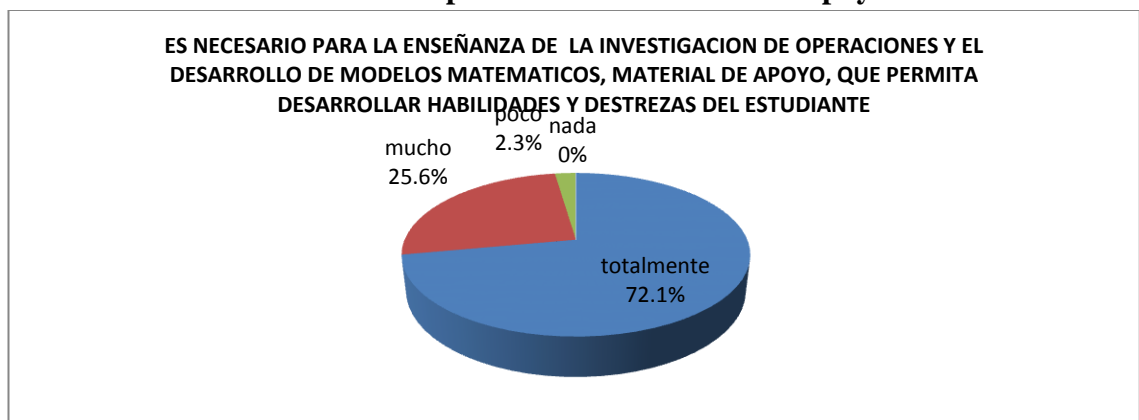
Tabla No. 10: Importancia de material de apoyo

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 31 | 72.1 |
| Mucho | 11 | 25.6 |
| Poco | 1 | 2.3 |
| Nada | - | - |
| Total | 43 | 100.0 |

Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 15: Importancia de material de apoyo



Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 72.1% está totalmente de acuerdo y el 25.6% responde que es de mucha importancia el material de apoyo que se utiliza para la enseñanza aprendizaje de la Investigación de Operaciones y en el desarrollo de los modelos matemáticos, en tanto que solo el 4.7% opina que no es tan necesario.

INTERPRETACIÓN

Prácticamente la mayoría expresa que sin material de apoyo se hace casi imposible lograr un adecuado aprendizaje de la Investigación de Operaciones puesto que no se tendría una base para desarrollar las habilidades y destrezas al plantear o diseñar los modelos matemáticos que conlleven a la solución óptima de los problemas organizacionales.

Pregunta No. 10.- ¿Considera que la orientación didáctica fortalece la calidad en la educación superior y forma mejores profesionales?

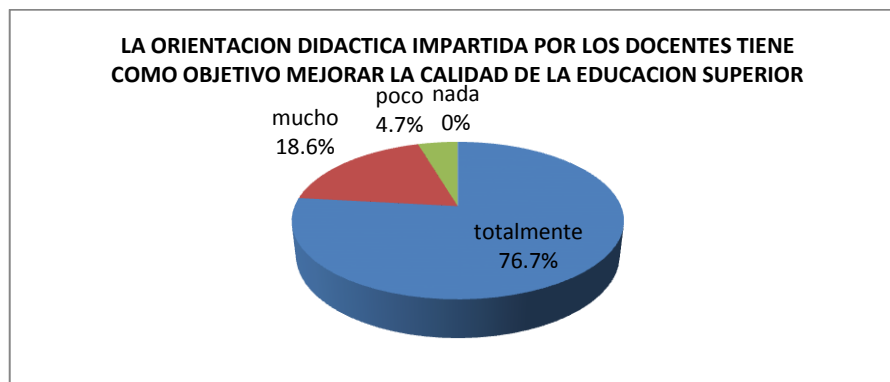
Tabla No. 11: La orientación didáctica fortalece la calidad en la educación

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 33 | 76.7 |
| Mucho | 8 | 18.6 |
| Poco | 2 | 4.7 |
| Nada | - | - |
| Total | 43 | 100.0 |

Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 16: La orientación didáctica fortalece la calidad en la educación



Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El análisis entre la orientación didáctica impartida por el docente y el objetivo de mejorar la calidad de la Educación Superior queda expresada por el 76.7% que está totalmente de acuerdo entre las dos variables planteadas y corroboradas por el 18.6% que indica lo mucho que se relacionan. Solo el 4.7% opina que hay poca relación.

INTERPRETACIÓN

Entre lo que expresan totalmente y mucho está la mayoría de los encuestados que manifiestan la relación importante entre la orientación didáctica y la calidad de la educación superior, y que se refleja no solo en el momento de plantear y solucionar problemas de clase sino al desarrollar proyectos con información real de empresas productivas.

Pregunta No. 11.- ¿Considera que el desarrollo de un manual es una articulación teórico-práctico para la formación profesional tanto del docente con el educando?

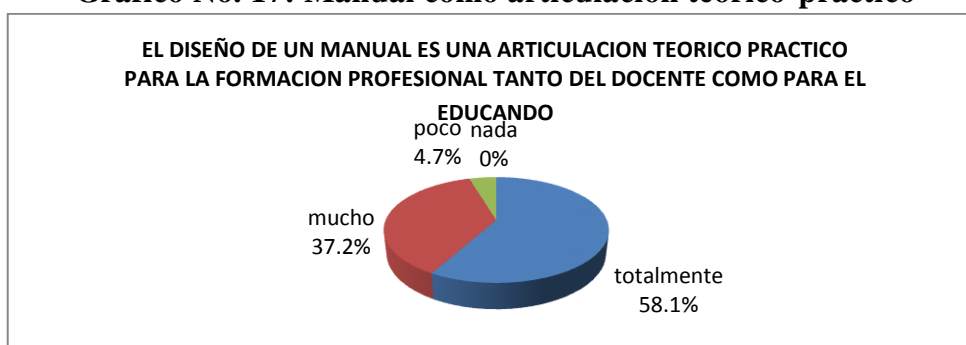
Tabla No. 12: Manual como articulación teórico-práctico

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 25 | 58.1 |
| Mucho | 16 | 37.2 |
| Poco | 2 | 4.7 |
| Nada | - | - |
| Total | 43 | 100.0 |

Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 17: Manual como articulación teórico-práctico



Fuente: Estudiantes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 58.1% que dice totalmente y el 37.2% que expresa mucho concluyen que el disponer de un manual ayudará tanto a su formación como a la orientación didáctica por parte del docente.

INTERPRETACIÓN

Al igual que en preguntas anteriores, la mayoría opina que el diseño de un manual teórico práctico permitirá al docente enseñar los modelos matemáticos con ejemplos prácticos y actuales y al educando aprender y aplicar estos modelos en situaciones reales, toda vez que contará con la base teórica y la posibilidad de desarrollar la creatividad y razonamiento al formular y solucionar problemas.

4.2.- ANÁLISIS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LOS DOCENTES

Pregunta No. 1.- ¿Considera de importancia a la Investigación de Operaciones como herramienta para la toma de decisiones?

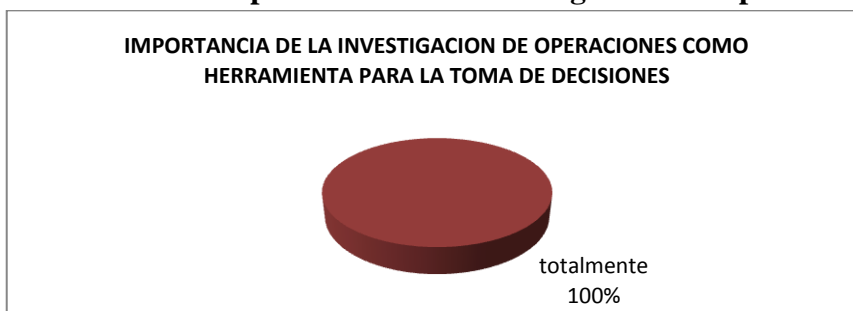
Tabla No. 13: Importancia de la Investigación de Operaciones

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 6 | 100 |
| Mucho | - | - |
| Poco | - | - |
| Nada | - | - |
| Total | 6 | 100 |

Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 18: Importancia de la Investigación de Operaciones



Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 100% de los docentes opina que la Investigación de Operaciones es una herramienta gerencial muy importante para la toma de decisiones.

INTERPRETACIÓN

La totalidad de los encuestados expresan que la importancia de la Investigación de Operaciones radica en que proporciona, no solo a estudiantes sino también a empresarios, ejecutivos y profesionales, los instrumentos necesarios para realizar una adecuada toma de decisiones y llevar a las empresas u organizaciones económicas y administrativas, a su cargo, hacia el cumplimiento de sus objetivos.

Pregunta No. 2.- ¿Considera que la información estadística y del álgebra matricial de sistemas lineales son base para la introducción de la Investigación de Operaciones?

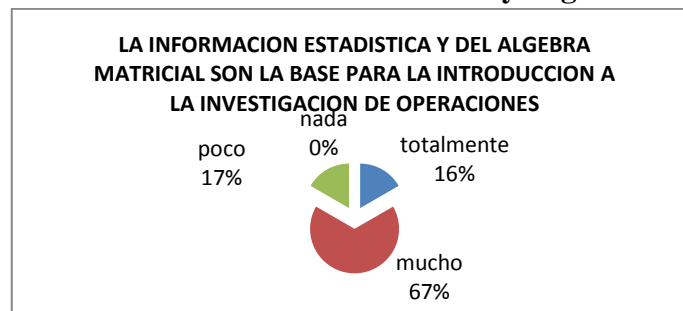
Tabla No. 14: Información Estadística y Algebra Matricial

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 1 | 17 |
| Mucho | 4 | 67 |
| Poco | 1 | 17 |
| Nada | - | - |
| Total | 6 | 100 |

Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 19: Información Estadística y Algebra Matricial



Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 83% considera de importancia de la estadística y del álgebra matricial como base a la introducción a la Investigación de Operaciones, el 17% piensa que es poco importante.

INTERPRETACIÓN

La gran mayoría opina que las estadísticas y el álgebra matricial son el fundamento de esta herramienta por cuanto se utiliza, por un lado, el análisis cuantitativo y el método científico para definir con claridad el problema y a partir de ello desarrollar un modelo que permita representar el problema en términos matemáticos. Por otro lado, los modelos desarrollados en Investigación de Operaciones utilizan una serie de iteraciones para hallar las soluciones factibles al problema, y para desarrollar estas iteraciones se usa el análisis matricial.

Pregunta No. 3.- ¿Una adecuada orientación didáctica de la Investigación de Operaciones formaría al estudiante como un profesional altamente idóneo para el campo laboral?

Tabla No. 15: Orientación Didáctica

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | - | - |
| Mucho | 6 | 100 |
| Poco | - | - |
| Nada | - | - |
| Total | 6 | 100 |

Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 20: Orientación Didáctica



Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

Una adecuada orientación didáctica de la Investigación de Operaciones si ayuda en mucho a que el educando se forme como un profesional idóneo para el campo laboral, según lo expresado por el 100% de los docentes consultados.

INTERPRETACIÓN

La totalidad de docentes afirman que la orientación didáctica de la Investigación de Operaciones influye en mucho a la formación profesional idónea por cuanto a través de ella se le da al estudiante las pautas y las herramientas que coadyuven a formar su propio criterio, y que a su vez le permita representar la realidad de los problemas empresariales mediante modelos, utilizando su creatividad, razonamiento, destrezas y habilidades.

Pregunta No. 4.- ¿Los recursos didácticos que maneja el docente para la Investigación de Operaciones, como diapositivas, computadoras, material de apoyo, lecturas son de importancia para la enseñanza aprendizaje?

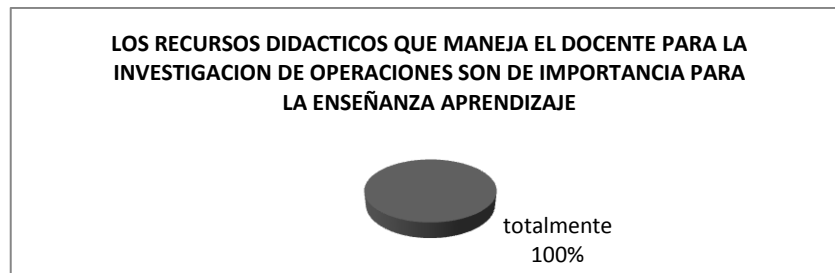
Tabla No. 16: Recursos didácticos

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 6 | 100 |
| Mucho | - | - |
| Poco | - | - |
| Nada | - | - |
| Total | 6 | 100 |

Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 21: Recursos didácticos



Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 100% afirma la importancia de los recursos didácticos utilizados por el docente para la enseñanza aprendizaje.

INTERPRETACIÓN

La importancia de los recursos didácticos en la enseñanza aprendizaje radica en que permite al estudiante utilice estos recursos en la búsqueda de la mejor toma de decisiones a problemas relacionados con el sector empresarial, de allí es que funciona adecuadamente el estudio y análisis de casos, el ABP (Análisis basado en problemas) a fin de que el estudiante utilice su ingenio en la formulación, planteamiento y solución de problemas que se ajusten a la realidad organizacional.

Pregunta No. 5.- ¿Considera que los modelos matemáticos manejados por los docentes contribuyen eficazmente para el aprendizaje de la Investigación de Operaciones?

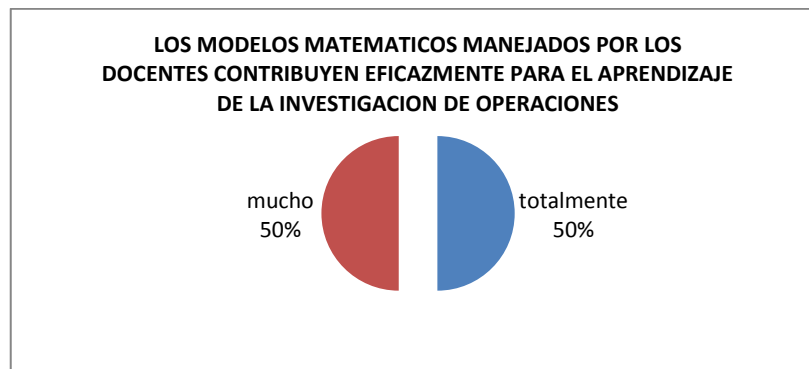
Tabla No. 17: Modelos matemáticos

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 3 | 50 |
| Mucho | 3 | 50 |
| Poco | - | - |
| Nada | - | - |
| Total | 6 | 100 |

Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 22: Modelos matemáticos



Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

La mitad de los docentes está totalmente de acuerdo y el otro 50% está muy de acuerdo en que los modelos matemáticos manejados por los docentes contribuyen al aprendizaje de la Investigación de Operaciones.

INTERPRETACIÓN

Prácticamente la totalidad expresa que los modelos matemáticos empleados por el docente busca reflejar de la mejor manera la realidad ecuatoriana y la forma de cómo deberían optimizarse los recursos cada vez menores de las empresas con la finalidad de lograr una mayor productividad y rentabilidad, para cumplir con este objetivo se plantean en muchos casos vivencias propias de empresas en donde se ha laborado o se está laborando.

Pregunta No. 6.- ¿Los modelos matemáticos utilizados en la enseñanza – aprendizaje de la Investigación de Operaciones tienen la aplicabilidad en el sector empresarial?

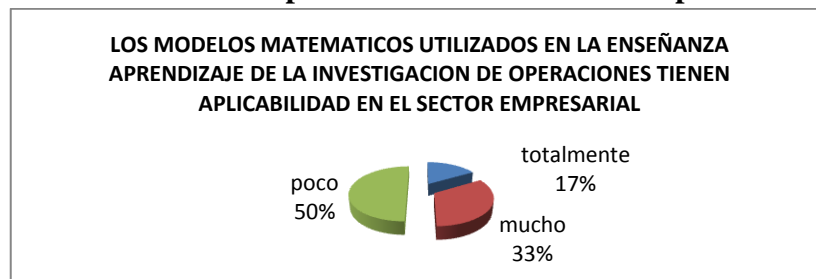
Tabla No. 18: Aplicabilidad en el sector empresarial

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 1 | 17 |
| Mucho | 2 | 33 |
| Poco | 3 | 50 |
| Nada | - | - |
| Total | 6 | 100 |

Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 23: Aplicabilidad en el sector empresarial



Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 17% están totalmente de acuerdo en que los modelos matemáticos utilizados en la enseñanza aprendizaje de la Investigación de Operaciones tienen aplicabilidad en el sector empresarial, el 33% dice que mucho y el 50% restante manifiesta que poco.

INTERPRETACIÓN

La mitad de los encuestados reconocen que los modelos matemáticos tienen aplicabilidad en la solución de problemas empresariales y el otro 50% opina que es muy poco, lo que supondría una contradicción con la pregunta anterior, pero lo que sucede en realidad es que una parte de docentes se centra en presentar casos directos relacionados únicamente con el área productiva de una empresa, sin embargo la gran mayoría expresan vivencias ocurridas en otras áreas o sectores empresariales.

Pregunta No. 7.- ¿Resuelven los modelos matemáticos problemas referentes a la producción, comercialización, distribución, asignación, que son actividades inherentes a la empresa?

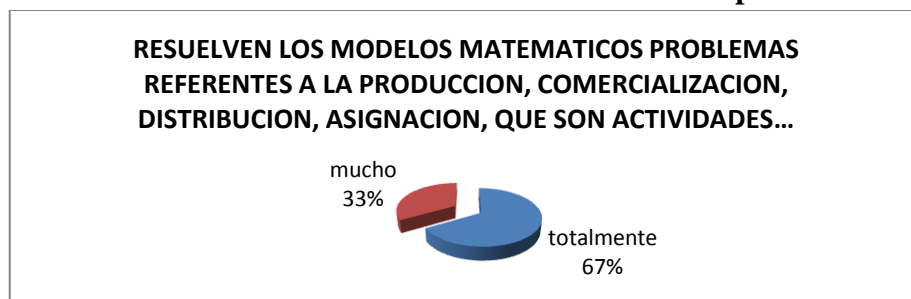
Tabla No. 19: Modelos matemáticos resuelven problemas

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 4 | 67 |
| Mucho | 2 | 33 |
| Poco | - | - |
| Nada | - | - |
| Total | 6 | 100 |

Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 24: Modelos matemáticos resuelven problemas



Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 67% opina estar totalmente de acuerdo en que los modelos matemáticos resuelven problemas relacionados con producción, comercialización, distribución, asignación, etc., lo que prácticamente es corroborado por el 33% restante que expresa mucho.

INTERPRETACIÓN

Todos prácticamente están de acuerdo en que los modelos matemáticos resuelven los problemas empresariales, puesto que se desarrollan diferentes modelos matemáticos según el tipo de problemas de análisis. De allí la importancia de la Programación Lineal, modelos de transporte y de asignación, entre otros.

Pregunta No. 8.- Considera de importancia que para la orientación didáctica de investigación de Operaciones y el desarrollo de los modelos matemáticos en la enseñanza aprendizaje se apliquen software?

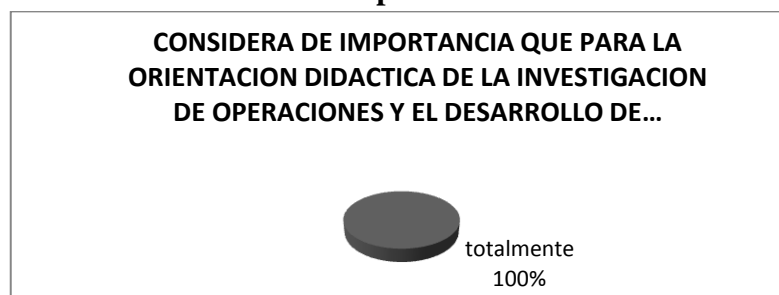
Tabla No. 20: Aplicación de software

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 6 | 100 |
| Mucho | - | - |
| Poco | - | - |
| Nada | - | - |
| Total | 6 | 100 |

Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 25: Aplicación de software



Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 100% señala la importancia del uso de software en la orientación didáctica y en desarrollo de modelos matemáticos.

INTERPRETACIÓN

Los software juegan un papel importante en la vida empresarial que hoy vive en una constancia competencia ante los cambios de su entorno y a los cuales debe adaptarse. Son de importancia porque facilitan la toma de decisiones una vez que las dificultades han sido planteadas correctamente. El profesional actual necesariamente debe manejar las herramientas informáticas como un ente proactivo en servicio de la empresa.

Pregunta No. 9.- ¿Considera que para la enseñanza – aprendizaje de la Investigación de Operaciones y el desarrollo de modelos matemáticos es necesario contar con el material de apoyo adecuado que permita al estudiante desarrollar sus habilidades y destrezas?

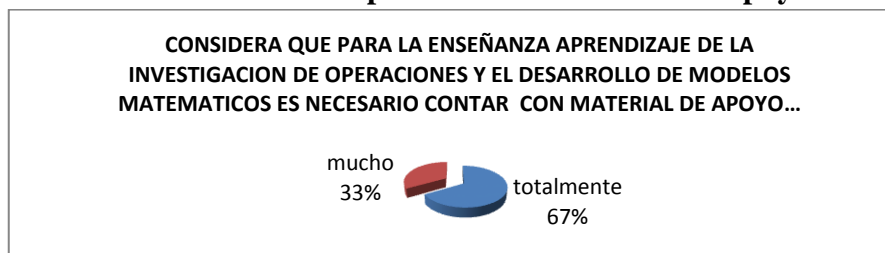
Tabla No. 21: Importancia de material de apoyo

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 4 | 67 |
| Mucho | 2 | 33 |
| Poco | - | - |
| Nada | - | - |
| Total | 6 | 100 |

Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 26: Importancia de material de apoyo



Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

Sobre el material de apoyo, el 67% está totalmente de acuerdo y el 33% está muy de acuerdo, en que es importante para que el educando desarrolle habilidades y destrezas en su proceso de enseñanza aprendizaje.

INTERPRETACIÓN

Se considera en su gran mayoría de que el material de apoyo es fundamental para la enseñanza aprendizaje del educando porque a través de ello se busca motivar al estudiante a la búsqueda incesante de su propio conocimiento, a la comprensión de la metodología para solucionar problemas y al desarrollo de su creatividad, ingenio, raciocinio, habilidades y destrezas

Pregunta No. 10.- ¿Considera que la orientación didáctica fortalece la calidad en la educación superior y forma mejores profesionales?

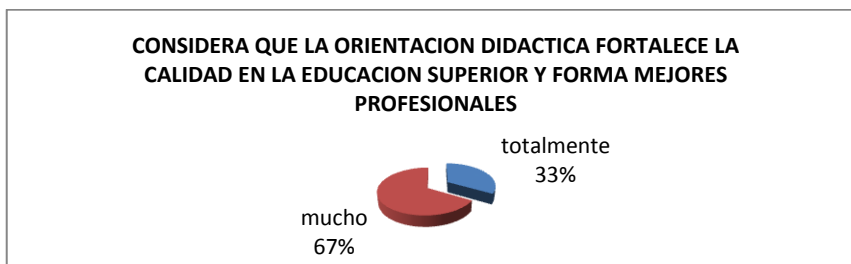
Tabla No. 22: La orientación didáctica fortalece la calidad en la educación

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 2 | 33 |
| Mucho | 4 | 67 |
| Poco | - | - |
| Nada | - | - |
| Total | 6 | 100 |

Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 27: La orientación didáctica fortalece la calidad en la educación



Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 33% opina en forma total y el 67% en mucho que la orientación didáctica fortalece la calidad en la educación superior y en la formación de mejores profesionales.

INTERPRETACIÓN

El compromiso de la universidad en general, de los docentes en particular y de los docentes en Investigación de Operaciones en forma específica es la de formar hombres y mujeres de bien, que puedan desenvolverse sin tropiezos en la vida empresarial para el cual fueron formados, y de esta manera contribuir a la calidad de la educación superior, sin embargo esto constituye apenas un granito de arena, porque corresponde en alto grado al propio estudiante mejorar sus habilidades y destrezas que les permitan ser valorados en el ámbito empresarial y de esta manera enaltecer la calidad de la educación superior y al centro universitario donde se formó.

Pregunta No. 11.- ¿Considera que el desarrollo de un manual es una articulación teórico-práctico para la formación profesional tanto del docente con el educando?

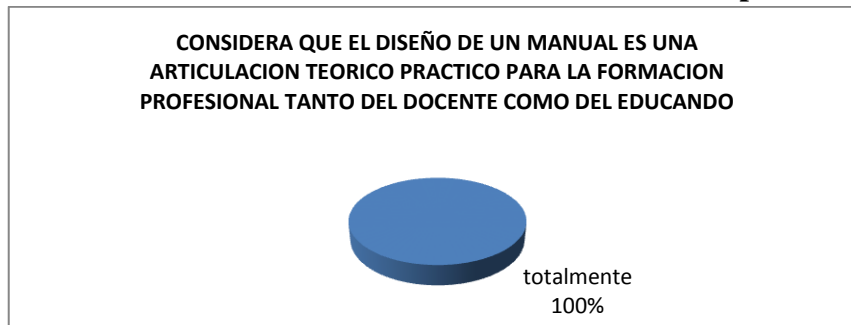
Tabla No. 23: Manual como articulación teórico-práctico

| OPCIONES DE RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE (%) |
|-----------------------|------------|----------------|
| Totalmente | 6 | 100 |
| Mucho | - | - |
| Poco | - | - |
| Nada | - | - |
| Total | 6 | 100 |

Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

Gráfico No. 28: Manual como articulación teórico-práctico



Fuente: Docentes

Elaborado por: Miguel Torres

ANÁLISIS

El 100% de los docentes encuestados reconoce la necesidad de contar con un manual correctamente diseñado que le permita actualizarse como docente y que sirva como base para la enseñanza aprendizaje de la Investigación de Operaciones.

INTERPRETACIÓN

Un manual facilita enormemente el proceso de enseñanza aprendizaje del educando por cuanto le permite encontrar el sustento teórico para desarrollar modelos y el sustento práctico al llevar a cabo la metodología para formular y solucionar problemas, en forma óptima, es decir, tomando la mejor decisión posible en beneficio personal, empresarial y de la comunidad.

4.3. VERIFICACION DE HIPOTESIS

Para la verificación de la hipótesis se planteará el estadístico chi-cuadrado que proporciona una medida de la discrepancia entre la frecuencia observada y esperada (bondad de ajuste), indicando en qué medida las diferencias existentes entre ambas, de haberlas, se deben al azar en el contraste de hipótesis, y de esta manera determinar la relación entre las variables de estudio.

Para la presente investigación, se procede a realizar la verificación mediante el estadístico del chi-cuadrado, en razón de que la información recolectada es cualitativa, tal como lo expresan las encuestas.

La hipótesis de investigación planteada en el presente trabajo fue la siguiente:

“El Proceso de Aprendizaje de los Modelos Matemáticos mejorará con una adecuada Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones, en la Escuela de Administración de Empresas de la Pontificia Universidad Católica sede Ambato”.

4.3.1- Planteamiento de las hipótesis

Hipótesis Nula (H₀): La orientación didáctica de la Investigación de Operaciones no influye en la aplicación de los modelos matemáticos.

Hipótesis Alternativa (H_a): La orientación didáctica de la Investigación de Operaciones si influye en la aplicación de los modelos matemáticos

4.3.2. Estadístico de prueba

$$X^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

Donde:

X^2 : Valor a calcularse

Σ : Sumatoria

fo : Frecuencia Observada, datos de la investigación

fe : Frecuencia Esperada

4.3.3. Nivel de significancia

El margen de error que se corre en la presente investigación está determinado por:

$$\alpha = 0.05$$

Nivel de confianza: 95%

4.3.4. Grados de libertad

Grados de libertad: $gl = (\text{número de filas} - 1) (\text{número de columnas} - 1)$

$$gl = (n-1)(m-1)$$

Para la investigación: $gl = (2-1) (3-1)$

$$gl = 2$$

El valor resultante tomado de las tablas estadísticas para un nivel de significancia del 5% y con 2 grados de libertad es:

$$X^2 = 5.991$$

4.3.5. Tabla de Contingencia

Para elaborar la tabla de contingencia, se eligió la pregunta 3 y la pregunta 6, realizada tanto a estudiantes como a docentes.

Pregunta No. 3.- ¿Una adecuada orientación didáctica de la Investigación de Operaciones formaría al estudiante como un profesional altamente idóneo para el campo laboral?

| OPCIONES DE RESPUESTAS | ESTUDIANTES | DOCENTES | TOTAL |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|--------------|
| TOTALMENTE | 35 | 0 | 35 |
| MUCHO | 6 | 6 | 12 |
| POCO | 2 | 0 | 2 |
| TOTAL | 43 | 6 | 49 |

Pregunta No. 6.- ¿Los modelos matemáticos utilizados en la enseñanza – aprendizaje de la Investigación de Operaciones tienen la aplicabilidad en el sector empresarial?

| OPCIONES DE RESPUESTAS | ESTUDIANTES | DOCENTES | TOTAL |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|--------------|
| TOTALMENTE | 21 | 1 | 22 |
| MUCHO | 20 | 2 | 22 |
| POCO | 2 | 3 | 5 |
| TOTAL | 43 | 6 | 49 |

Tabla No. 24: Frecuencias Observadas (*fo*)

| OPCIONES DE RESPUESTA | TOTALMENTE | MUCHO | POCO | TOTAL |
|------------------------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|
| PREGUNTA 3 | 35 | 12 | 2 | 49 |
| PREGUNTA 6 | 22 | 22 | 5 | 49 |
| TOTAL | 57 | 34 | 7 | 98 |

Tabla No. 25: Frecuencias Esperadas (*fe*)

| OPCIONES DE RESPUESTA | TOTALMENTE | MUCHO | POCO | TOTAL |
|------------------------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|
| PREGUNTA 3 | 28.5 | 17.0 | 3.5 | 49 |
| PREGUNTA 6 | 28.5 | 17.0 | 3.5 | 49 |
| TOTAL | 57.0 | 34.0 | 7.0 | 98 |

4.3.6. Cálculo del chi-cuadrado

Tabla No. 26: Chi cuadrado

| PREGUNTA | RESPUESTA | <i>fo</i> | <i>fe</i> | $(fo - fe)$ | $(fo - fe)^2$ | $\frac{(fo - fe)^2}{fe}$ |
|-----------------|-------------------|-----------|-----------|-------------|---------------|--------------------------|
| 3 | TOTALMENTE | 35 | 28.5 | 6.5 | 42.25 | 1.482 |
| | MUCHO | 12 | 17.0 | -5.0 | 25.00 | 1.470 |
| | POCO | 2 | 3.5 | -1.5 | 2.25 | 0.643 |
| 6 | TOTALMENTE | 22 | 28.5 | -6.5 | 42.25 | 1.482 |
| | MUCHO | 22 | 17.0 | 5.0 | 25.00 | 1.470 |
| | POCO | 5 | 3.5 | 1.5 | 2.25 | 0.643 |
| | TOTAL | 98 | 98 | 0 | | 7.190 |

4.3.7. Regla de decisión

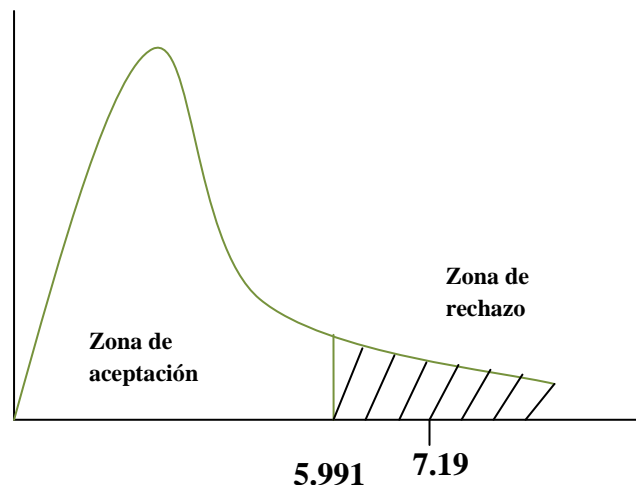
Si X^2 tabulado $>$ X^2 calculado Se acepta H_0

Si X^2 tabulado $<$ X^2 calculado Se rechaza H_0 y se acepta H_a

Por lo tanto:

5.991 $<$ 7.190 (Se rechaza H_0 y se acepta H_a).

4.3.8. Representación gráfica de la hipótesis



4.3.9. Conclusión

Con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5% se acepta la Hipótesis Alternativa (H_a) que señala que: “La orientación didáctica de la Investigación de Operaciones si influye en la aplicación de los modelos matemáticos”, por lo que el proceso de aprendizaje de los Modelos Matemáticos si mejorará con una adecuada Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones.

CAPITULO V

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La Investigación de Operaciones es una ciencia administrativa fundamental para la toma de decisiones en la empresa, tal como se ha expresado en las encuestas realizadas, sin embargo, en la práctica no es muy utilizada, porque se considera que su aplicación es un poco compleja.
- Una buena orientación didáctica si permite formar al estudiante en un profesional altamente idóneo y competitivo pero los sistemas empleados deben mejorarse con la finalidad de que el educando desarrolle todo su potencial creativo.
- Los recursos didácticos para la enseñanza-aprendizaje contribuyen enormemente en la formación intelectual del educando, pero es imprescindible contar con aquellos recursos que sean manejados adecuadamente por docentes y estudiantes.
- Los modelos matemáticos empleados en clase se ajustan a problemas relacionados al ámbito empresarial en general, pero sería de mayor utilidad de mostrarlo con prácticas en el sector productivo con la finalidad de recabar información de primera línea.

- Los modelos matemáticos ayudan en la formulación y resolución de problemas relacionados al planteamiento y formulación de un problema específico siendo necesario que sean llevados a la práctica para que sean convincentes sus repuestas en lo posible.
- La investigación de operaciones es un método administrativo para la resolución de problemas por medio de la formulación de modelos matemáticos que sirven para organizar estructurar planificar sistemas de calidad que ayuden a fomentar el desarrollo de continuo del entorno de la enseñanza aprendizaje del docente y del estudiante.
- La investigación de operaciones es el uso de la matemática e informática para resolver problemas del mundo real tomando decisiones acertadas que garanticen el éxito para resolver problemas de planificación, logística diseño, aplicados al control de productos y procesos

5.2. RECOMENDACIONES

- La investigación de operaciones se debe utilizar en la práctica profesional aplicándola por medio de la informática aplicada a la matemática pura es la información estadística y matemática financiera que mejorara la rapidez y la precisión en la toma de decisiones para el éxito o fracaso de la empresa
- La investigación de operaciones debe enseñar al docente y al estudiantado por medio del manual a tomar decisiones estratégicas, operacionales que reemplacen los sistemas existentes de estudio para mejorar la interpretación de los análisis, detección de soluciones óptimas, implementación de resultados sistemas de ayuda y mantenimiento, documentación de problemas resueltos y formación del estudiante
- En lo referente a la Investigación de Operaciones, el docente debe impartir una excelente orientación didáctica que permita al estudiante desplegar todas sus capacidades creativas en el desarrollo o construcción de modelos matemáticos, por lo que es importante los recursos didácticos empleados en clase.
- Es necesario el uso de software en la orientación didáctica de la Investigación de Operaciones, en razón, de que hoy en día existen algunas alternativas computacionales que facilitan la resolución de los modelos matemáticos planteados, y es como debe desenvolverse en el mundo de los negocios donde se requieren soluciones óptimas en el menor tiempo posible dado que la toma de decisiones son en ocasiones de inmediato por la alta competencia de las organizaciones.

- Para la mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje es importante contar con herramientas, como un manual, que facilite la explicación y comprensión de la utilización de modelos matemáticos en la solución de problemas u oportunidades empresariales.

CAPITULO VI

6. PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

Título:

“Diseño de un manual de modelos matemáticos para el aprendizaje de la Investigación de Operaciones”

Institución Beneficiaria

Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato -PUCESA-: Escuela de Administración de Empresas

Ubicación:

La PUCESA se encuentra ubicado en:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Sector: El Tropezón

Tiempo estimado para la ejecución:

La propuesta espera ser realizada en un plazo de 2 meses

Equipo técnico responsable:

Ingeniero Miguel Torres Almeida

Costo:

La propuesta será asumida por el autor del documento, pero su reproducción para el manejo del documento por parte de los educandos será asumida por la PUCESA

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La investigación sobre la incidencia de una orientación didáctica y su incidencia en la aplicación de modelos matemáticos ha determinado que es sumamente importante no sólo porque permite al estudiante desarrollar habilidades y destrezas para enfrentar problemas relacionados con empresa, sino porque pone en juego toda su creatividad y pro-acción para formular y ejecutar modelos matemáticos.

Por otro lado, la aplicación adecuada de los modelos matemáticos sirve para presentar elementos de juicio necesarios para una acertada toma de decisiones que significaría a las organizaciones un manejo apropiado de los recursos, que hoy en día son muy limitados, por lo que deben optimizarse al máximo.

Además la Escuela de Administración de Empresas de la PUCESA, se ha preocupado de contar con la planta docente idónea para lograr un buen desenvolvimiento, en esta área de la Investigación de Operaciones, y pese a ser una escuela joven ha conseguido posicionarse como una de las mejores de la ciudad de Ambato.

Considerando todos estos antecedentes y en procura de mejorar cada día en beneficio de los estudiantes que han confiado en la PUCESA, en la escuela y en sus docentes es que se propone elaborar un manual sobre la Investigación de Operaciones y el desarrollo de sus modelos matemáticos para que su proceso enseñanza aprendizaje sea el más favorable tanto para el educando, el docente, la universidad, la empresa y la comunidad en general.

6.3. JUSTIFICACION

La importancia de desarrollar la presente propuesta tiene por objeto enriquecer y alimentar de conocimientos sobre la aplicación de modelos matemáticos en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Investigación de Operaciones mediante la exposición de casos o ejemplos claros y sencillos de entender y aplicar, para de esta manera lograr una correcta y oportuna toma de decisiones.

Los estudiantes que cursan esta asignatura en el cuarto semestre de la carrera de Ingeniería Comercial de la Escuela de Administración de la PUCESA, se benefician del documento a elaborar, en razón de que encontrar las pautas que les permitan construir modelos matemáticos y sus respectivos métodos, a fin de poner en práctica toda su creatividad, conocimiento y habilidad en la solución de problemas complejos del sector empresarial.

Los docentes que imparten esta ciencia administrativa tendrán sus ventajas al aprovechar esta herramienta de trabajo como material de apoyo en el desarrollo de sus clases, y que ayudará a una mayor participación por parte de los educandos.

La PUCESA, es otro de los beneficiarios directos, en razón de que los profesionales que envía a desenvolverse en el ámbito laboral lo harán con mayor prestancia y con elementos de juicio sustentados para la toma de decisiones lo que repercutirá en la imagen y prestigio de la Universidad,

El sector empresarial se beneficiará al contar con personas proactivas que realmente colaboren en la búsqueda permanente de soluciones prácticas y útiles a la diversidad de problemas que se presentan a diario en las organizaciones como son la optimización de los recursos, de las ganancias, de la disminución de costos, en las formas de distribución y comercialización, entre otros.

Finalmente, el llevar a cabo un manual de Investigación de Operaciones y la aplicación de los modelos matemáticos ha permitido a su autor lograr no solo el desarrollo del presente documento sino a la actualización de conocimientos tanto en lo referente a la aplicación de la materia como la forma de orientar adecuadamente a los educando para mejorar su proceso de enseñanza aprendizaje.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. Objetivo General

Diseñar un manual de Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones para una adecuada aplicación de los modelos matemáticos.

6.4.2. Objetivos Específicos

- Presentar los métodos de ejecución de los modelos matemáticos más útiles en el proceso de la enseñanza aprendizaje de la Investigación de Operaciones.
- Realizar un software que ayuden en la solución de los problemas que presentan los modelos matemáticos en la Investigación de Operaciones.
- Realizar un documento para el cumplimiento eficaz de las tareas de los educandos tanto en el proceso cognitivo, procedimental y actitudinal.

6.5. ANALISIS DE FACTIBILIDAD

Esta propuesta es factible en el ámbito educacional porque busca desde todo punto de vista mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Administración de Empresas, con la aplicación de ejemplos relacionados al quehacer empresarial.

En el aspecto tecnológico es operable por cuanto una vez elaborado el documento, se puede buscar el apoyo necesario para diseñar el documento de tal manera que sea de fácil manejo y con materiales que brinden la suficiente durabilidad.

En lo económico-financiero es también viable, en razón de que aprobado la presente investigación se puede plantear a los directivos de la PUCESA, del beneficio de la herramienta propuesta para lograr el apoyo en la impresión de los ejemplares necesarios para el desarrollo de la asignatura

Es factible además porque los primeros interesados serán los propios estudiantes que querrán contar con un instrumento que les facilite el proceso de enseñanza aprendizaje de los modelos matemáticos en la Investigación de Operaciones.

6.6. FUNDAMENTACION

6.6.1. Manual

“Es aquel libro que recoge lo esencial, básico y elemental de una determinada materia, como puede ser el caso de las matemáticas, la historia, la geografía, en términos estrictamente académicos”

<http://www.definicionabc.com/general/manual.php>

Martín G. Alvarez Torres (1996:23-24) en su obra. Manual para elaborar manuales de políticas y procedimientos expresa: “Un diccionario define la palabra Manual como un libro que contiene lo más sustancial de un tema, y en ese sentido, los manuales son vitales para incrementar y aprovechar el cúmulo de conocimientos y experiencias de personas y organizaciones”

En conclusión, un manual es un instrumento importante como guía en la enseñanza-aprendizaje de un tema determinado, como la Investigación de Operaciones, porque permite que el estudiante tenga no sólo una base conceptual sobre la materia sino la aplicación práctica a través de experiencias expresadas mediante situaciones semejantes a las que suceden en el mundo empresarial.

6.6.2. Investigación de Operaciones

Kamblesh Mathur: “Es el uso de la matemática y computadoras para ayudar a tomar decisiones frente a problemas administrativos”

Alvarez Jorge: “Es un procedimiento o enfoque para resolver problemas relacionados con la toma de decisiones del mundo real, tomando decisiones que garanticen el éxito”

Lawrence y Pasternak: “Es un enfoque científico para la toma de decisiones ejecutiva que consisten en:

- El arte de modelar situaciones complejas
- La ciencia de desarrollar técnicas de solución para resolver dichos modelos
- La capacidad de comunicar efectivamente los resultados”

[http://www.slideshare.net/nativoloco/investigación de-operaciones](http://www.slideshare.net/nativoloco/investigación-de-operaciones)

En resumen se puede concluir que la Investigación de Operaciones es una ciencia administrativa que utiliza el método científico para resolver problemas complejos relacionados con la empresa, utilizando modelos matemáticos para obtener información cuantitativa que permita una adecuada toma de decisiones.

6.6.3. Modelo Matemático

Un modelo es una representación o abstracción de una situación u objetos reales, que muestran las relaciones y las interrelaciones de la acción y la reacción en términos de causa efecto. Los Modelos Matemáticos empiezan como modelos abstractos que se forman en la mente y que posteriormente son registrados como modelos simbólicos o matemáticos, en razón de que para su construcción se emplean ecuaciones e inecuaciones que representan las situaciones reales de las relaciones complejas que se manejan en la empresa.

6.6.4. Programación lineal.

La Programación Lineal es un medio matemático que permite asignar una cantidad fija de recursos a la satisfacción de varias demandas en tal forma que mientras se optimiza algún objetivo se satisfacen otras condiciones definidas.

Como su nombre lo indica la Programación Lineal se refiere exclusivamente a relaciones lineales, o sea inecuaciones o ecuaciones de primer grado, Leontief aplicó la programación lineal y aportó principalmente con las relaciones interindustriales a través de su matriz Insumo-Producto; posteriormente Koopmans incursionó profundamente en aplicaciones microeconómicas resolviendo casos de producción, asignación de recursos, maximización de beneficios, minimizaciones de costos, etc.

La programación lineal tuvo sus orígenes a raíz de la segunda guerra mundial cuando George Dantzig, luego de sus profundas investigaciones realizó aplicaciones en distintos casos de operación aéreo-militar.

6.6.5. Modelo de Transporte

El modelo de transporte es un modelo especial de la Programación Lineal que busca determinar un plan de movilización de mercancías óptimo entre varias fuentes u orígenes hasta varios destinos. Este modelo tiene la particularidad que analiza un solo producto homogéneo y requiere para su solución de contar con un sistema balanceado, es decir, las ofertas proporcionadas por las fuentes deben ser necesariamente igual a las demandas requeridas por los clientes o destinos.

El objetivo del modelo es el de determinar la cantidad que se enviará de cada fuente a cada destino, tal que se minimice el costo del transporte total.

6.6.6. Modelo de Asignación

Este modelo también es un modelo especial de programación lineal que implica asignar tareas o trabajos a los recursos disponibles en la empresa con la finalidad de optimizar sus recursos y minimizar los costos totales o el tiempo para desarrollar los trabajos inmediatos. Una de sus características principales consiste en que se asigna sólo un trabajo o trabajador a cada tarea o proyecto.

6.7. METODOLOGIA

En el proceso de enseñanza aprendizaje del educando, hay que considerar otro componente didáctico fundamental, que consiste en la metodología, es decir, como llegar al estudiante para que logre un aprendizaje significativo, y entendiendo como metodología al conjunto de estrategias didácticas, procedimientos, actividades que el docente prevé y utiliza, para llevar a sus dirigidos hacia el aprendizaje, entonces se puede concluir que los recursos que emplee el docente en el aula como apoyo para que el estudiante sea el que construya o reconstruya el conocimiento, tal como indican los aportes de Piaget y Bruner, juegan un papel importante en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Ante estos antecedentes, la presente propuesta busca poner a disposición de los estudiantes del cuarto semestre de la carrera de Administración de Empresas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato –PUCESA-, de un documento sobre Investigación de Operaciones, que facilite en primer término el conocimiento sobre el tema y en segundo término permita desarrollar la creatividad, habilidad en el planteamiento de modelos matemáticos y en la solución de problemas relacionados con la empresa, utilizando métodos como el inductivo, el deductivo y el analítico.

Para la elaboración del presente manual de trabajo se basó en una investigación bibliográfica y en la experiencia que como docente se tiene sobre la temática a desarrollar en esta propuesta. Es de tipo bibliográfico en razón de que para preparar el documento se consultó y se extractó información relevante de libros, del internet, siendo estas confiables para dar solución a una de las necesidades en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Investigación de Operaciones, y, por otro lado, la experiencia adquirida en el ámbito docente y en el trabajo empresarial permitirá formular exposiciones problémicas, como una de las técnicas didácticas, que ayuden al estudiante a plantear los problemas, proponer interrogantes y definir las alternativas de solución.

El esquema del presente manual consiste en determinar los objetivos de cada capítulo a estudiar, el desarrollo del tema, la aplicación práctica, la presentación de glosario de conceptos básicos y una etapa de evaluación con preguntas, ejercicios y problemas a resolver.

6.8. MODELO OPERATIVO

| FASES | METAS | ACTIVIDADES | RECURSOS | TIEMPO |
|---------------|---|---|---|--------|
| Planificación | Hasta fines de agosto de 2010, se dejará totalmente estructurada la propuesta para la PUCESA | -Análisis de los modelos a aplicar - Toma de decisiones sobre ejercicios a desarrollar y sobre bibliografía complementaria - Construcción de propuesta para PUCESA - Presentación | -Equipos de Computo - Bibliografía - Material de Oficina - Software para desarrollar los modelos matemáticos | 1 mes |
| Socialización | Hasta finales de septiembre de 2010, se socializará el 100% de la propuesta en la comunidad educativa | - Revisión y discusión de la propuesta con Director de Escuela y docentes - Socialización de propuesta a autoridades de la PUCESA , para apoyo de impresión de documento - Socialización de documento a estudiantes | -Computador (Lapto) - Infocus - Documento de Apoyo - Sala de Audiovisuales | 1 mes |

| | | | | |
|------------|--|--|---|--------|
| Ejecución | Desde el semestre enero-mayo de 2011 se ejecutará la propuesta, es decir, se desarrollará los modelos matemáticos propuestos | -Puesta en marcha del manual propuesto - Aplicación de la guía didáctica por parte de los estudiantes | -Material de Oficina - Lapto - Infocus -Laboratorio de computación | 3 años |
| Evaluación | La propuesta se evaluada permanentemente conforme se desarrollen los modelos matemáticos planteados | -Autoevaluación de los procesos de aprendizaje - Desarrollo de casos de empresas - Pruebas y talleres de clase - Evaluación de aprendizaje por docentes - Toma de correctivos necesarios y oportunos | - Talleres - Ejercicios - Documentos de apoyo - Laboratorio de computación - Informes del proceso de aprendizaje por parte de docentes - Evaluación de manual por parte de estudiantes | 3 años |

6.9. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

INTRODUCCION

El manual que se propone desarrollarse tiene como base el Programa de Estudios de sobre Investigación Operativa de la Escuela de Administración de Empresas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato -PUCESA-, y que, se dicta en el cuarto semestre de las carreras de Ingeniería Comercial y Contabilidad y Auditoría.

El objeto del manual es proporcionar al estudiante de una herramienta de consulta y de trabajo para aprovechar el máximo su proceso de enseñanza aprendizaje, y esto resulta bastante exitoso cuando el material de apoyo que sirve de guía está bien articulado en relación curriculum académico que debe cumplir el educando con la finalidad de poner en práctica en el ámbito empresarial.

El manual ha sido articulado de tal manera que el estudiante pueda entender fácilmente con la lectura de los conceptos y metodologías que se propone, así como, lo referente al aspecto práctico, sin embargo, vale la pena mencionar que el educando debe reflexionar sobre su contenido y buscar además enriquecerse con la investigación sobre el tema de modo de que pueda desarrollar todo sus conocimientos, habilidades y destrezas.

El documento está distribuido por temas de interés, cada uno de ellos con su objetivo a conseguir, los mismos que se detallan a continuación:

El primer tema hace referencia al significado de la investigación de operaciones, su metodología, los modelos a aplicar en función de las necesidades de un ingeniero comercial, y los campos donde puede desarrollar esta ciencia administrativa.

El segundo se enfoca en métodos de ejecución de los modelos matemáticos de Programación Lineal, como son el método gráfico, algebraico, método simplex y el uso del software Solver, como herramienta de apoyo.

En el tercero se desarrolla los modelos especiales de programación lineal como son los modelos de transporte y asignación de tareas, en los que se utiliza como software de apoyo el Solver e Invop.

6.9.1. INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES Y ANÁLISIS CUANTITATIVO

OBJETIVO: Exponer las características principales de la Investigación de Operaciones, y su enfoque cuantitativo, en el papel de que como ciencia administrativa desempeña en el proceso de toma de decisiones, mediante el empleo de modelos matemáticos.

6.9.1.1. Breve historia de la Investigación de Operaciones

Precisar con exactitud el inicio de la Investigación de Operaciones es difícil, tanto que algunas autores consideran que apareció en la Primera Guerra Mundial, cuando se dio a Thomas Edison la tarea de averiguar las maniobras de los barcos mercantes que fueran más eficaces para disminuir las pérdidas de los embarques causadas por los submarinos enemigos. Para encontrar la solución empleó un tablero táctico en lugar de arriesgar los barcos en condiciones bélicas reales.

También destaca en esta época A. K. Erlang, quien propuso modelos matemáticos relacionados con las fluctuaciones de la demanda de instalaciones telefónicas.

Sin embargo considerando la evolución de las ciencias administrativas y de la producción, se puede señalar que la Investigación de Operaciones surge a raíz de la Segunda Guerra Mundial, época en que aparece la etapa de la Toma de Decisiones, sobresaliendo los trabajos del George Dantzing con su método Simplex de programación lineal que busca la optimización de los recursos para lograr de manera exitosa un objetivo determinado.

En esta época surgieron tres términos importantes que posteriormente fueron utilizados en el campo laboral y empresarial, con la aplicación de los modelos de Investigación de Operaciones, éstos son: Estrategia, táctica y logística.

6.9.1.2. Definición de la Investigación de Operaciones

Se puede definir a la Investigación de Operaciones como: “La ciencia administrativa que utiliza el método científico, por grupos interdisciplinarios, para plantear y solucionar problemas complejos en las relaciones funcionales de la organización, mediante modelos matemáticos que proporcionen información cuantitativa para la toma de decisiones”.

La Investigación de Operaciones, es una ciencia gerencial que se basa en las matemáticas, estadísticas y las computadoras para modelar una situación real de la empresa y que permita las adecuadas toma de decisiones.

6.9.1.3. Análisis de las principales características de la Investigación de Operaciones

- Ciencia Administrativa: La Investigación de Operaciones es una ciencia administrativa-gerencial para la toma de decisiones, que se apoya en las matemáticas, la estadística y las computadoras.
- Método Científico: La Investigación de Operaciones emplea el método científico, es decir, sigue una serie de pasos secuenciales para

solucionar problemas, y que consiste en definir el problema, determinar las alternativas de solución, identificar los criterios de evaluación de alternativas, evaluar y elegir la mejor opción, implantar la solución y finalmente evaluar sus resultados.

- **Relaciones Funcionales:** La Investigación de Operaciones busca identificar las interacciones entre las funciones de la empresa, de tal manera que las decisiones que se tomen en una de ellas no afecte a las demás en forma colateral.
- **Grupo Interdisciplinario:** En la solución de problemas relevantes en la empresa deben participar todos los profesionales idóneos que deben trabajar en equipo.
- **Modelo:** Representación de una situación real

6.9.1.4. Definición de modelo y tipos de modelos

Según la Real Académica Española, un modelo “es un arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo”, es decir, es un ejemplo a imitar o a seguir por su perfección. Desde el punto de la Investigación de Operaciones, un modelo es la representación o abstracción de un objeto o situación real.

La abstracción nos indica que es un proceso mental que se aplica al seleccionar características y propiedades de un conjunto de cosas del mundo real, excluyendo otras no pertinentes, en otras palabras la importancia del desarrollo de un modelo radica en descubrir cuáles son las variables importantes o pertinentes y definir cuál es la relación existente entre estas variables.

También se podría definir a un modelo como al esquema teórico de un sistema o de una realidad compleja que muestran las relaciones directas e indirectas y las interrelaciones de la acción y la reacción.

Tipos de modelos

Los modelos pueden clasificarse según sus dimensiones, funciones, propósitos o grados de abstracción. Para el estudio de la Investigación de Operaciones se clasificará en tres tipos básicos: mentales, físicos y simbólicos.

Modelos Mentales: Son aquellas ideas que se generan en la mente, con la intención de hacer creaciones, innovaciones, en decir, son ideales que se piensa realizar

Modelos Físicos: Son representaciones en forma esquemática. Entre estos modelos están los modelos icónicos y analógicos.

- **Modelos Icónicos:** Son representaciones físicas de algunos objetos en forma idealizada o a escala.

Los modelos icónicos son representaciones gráficas que pueden describir acontecimientos en un momento específico del tiempo y una característica particular del modelo la constituyen sus dimensiones, es decir, hay representaciones en dos dimensiones como el caso de una fotografía, plano o mapa, o una representación en tres dimensiones, como por ejemplo una casa modelo, un avión un bus, el globo terráqueo.

- **Modelos Analógicos:** Son modelos que aunque tienen forma física, no tienen una apariencia física como la del objeto o situación real que se quiere representar.

Estos modelos pueden representar situaciones dinámicas que muestran las características del acontecimiento que se estudia, es decir, representa los datos en forma detallada, como por ejemplo las curvas de la demanda, los diagramas de flujo, las curvas de distribución de frecuencias.

- **Modelos Simbólicos o Matemáticos:** Estos modelos son verdaderas representaciones de la realidad, y para su representación utilizan símbolos o expresiones matemáticas, siendo sus principales representaciones las ecuaciones e inecuaciones, matrices, etc.

Hay diferentes tipos de modelos matemáticos que se podrían analizar, pero para el presente trabajo se ha categorizado en modelos determinísticos y estocásticos, haciendo énfasis en la clasificación de los modelos determinísticos que son los modelos objetos de estudio.

- **Modelos Determinísticos:** Son aquellos modelos en los que la información necesaria para obtener una solución se conoce con certeza. Ejemplo: El monto a recibir en depósitos a plazo fijo, toda vez que se conoce la tasa de interés ofertada por la entidad financiera.
- **Modelos Estocásticos o Probabilísticos:** Son los modelos en los que parte de la información no se conoce con certeza. Ejemplo: La probabilidad de terminar un proyecto en un tiempo menor al establecido en la planificación.

Los modelos determinísticos se clasifican de la siguiente manera:

A.- Clasificación basadas en las restricciones:

- 1.- Problemas irrestrictos:** Son aquellos que carecen de restricciones. Ejemplo: Cálculo del punto de equilibrio sin ningún tipo de limitación
- 2.- Problemas restringidos:** Son aquellos que presentan una o más limitaciones. Ejemplo: Número de horas disponibles de trabajo, necesidades de la demanda.

B.- Clasificación basadas la función objetivo:

1.- Objetivo lineal: En las que la función objetivo se presenta en ecuaciones lineales

2.- Objetivo no lineal: En las que la función objetivo se representan por ecuaciones no lineales

C.- Clasificación basadas en las variables:

1.- Variables continuas: En las que las variables satisfacen la divisibilidad.

2.- Variables discretas: En las que una o más variables deben tener valores enteros.

Los modelos matemáticos a analizar en el trabajo de investigación son:

- Modelos de Programación Lineal
- Modelos de Transporte
- Modelos de Asignación
- Modelos PERT-CPM

6.9.1.5. Metodología de la Investigación de Operaciones

La Investigación de Operaciones hace uso de los métodos cuantitativos para solucionar problemas, y lo hace con un enfoque científico que conlleve a la adecuada toma de decisiones gerenciales. El proceso de aplicar el análisis cuantitativo consiste en un serie de pasos sistemáticos que se indican a continuación:

a.- Definición del problema.-

Este paso es fundamental porque consiste en identificar, comprender y describir claramente el problema que la organización presenta, de manera de que no existan ambigüedades. De la definición del problema depende el éxito o fracaso del enfoque cuantitativo para la toma de decisiones, de allí que es un paso crítico.

La definición del problema debe representar la situación actual de cómo funciona el sistema total a investigar, por lo que se debe identificar las alternativas y criterios de evaluación que permita seleccionar la mejor alternativa.

b.- Construcción del modelo matemático y recolección de datos.-

La finalidad de la construcción del modelo matemático consiste en convertir la descripción cualitativa del problema a una forma matemática que permita su resolución. Este proceso de formulación del problema radica en la siguiente secuencia:

- **Identificación de las variables de decisión.-**

En la formulación de un problema se presentan dos tipos de variables: variables controlables, llamadas de decisión, y variables incontrolables.

Las variables incontrolables son aquellas que no están bajo el control directo de quien toma las decisiones, como son las ganancias por unidad, los costos por unidad, los tiempos de producción, etc.

Las variables controlables son aquellas que si pueden ser controladas directamente por quien toma las decisiones y deben identificarse, puesto una vez determinadas proporcionan la solución al problema. Estas variables son representadas en forma simbólica con la variable X_j donde j puede representar una o más variables.

- **Identificación de los datos del problema.-**

Consiste en identificar cierta información para ayudar a determinar las variables de decisión. Esta información son valores que salen del control de quien toma las decisiones, sin embargo algunos datos pueden aclararse en el momento de especificar el problema.

- **Identificación de la función objetivo.-**

La identificación de la función objetivo radica en determinar que se quiere optimizar, es decir, se desea maximizar utilidades, rendimientos, o minimizar costos o pérdidas. Para establecer la función objetivo se requiere seguir tres etapas, a saber:

1. Establecer el objetivo en forma verbal
2. Descomponer el objetivo en una suma, diferencia o producto de cantidades individuales
3. Expresar las cantidades individuales matemáticamente usando las variables de decisión y otros datos conocidos del problema

- **Identificación de las restricciones.-**

Las restricciones son las limitantes o condicionamientos que las variables de decisión deben satisfacer para lograr una solución óptima. Hay diferentes tipos de restricciones al formular el problema, se destacan: las limitaciones físicas, las restricciones internas o administrativas, las condiciones externas o de mercado, las de relación entre variables y las restricciones lógicas, llamadas de no negatividad, en razón que los problemas a solucionarse en Investigación de Operaciones únicamente acepta valores mayores o iguales a cero.

c.- Resolución del modelo matemático y validación de la solución.-

Consiste en determinar los valores numéricos para las variables de solución, obteniendo como resultado una solución óptima y validar esta solución al problema real.

Algunas veces las complejidades matemáticas del modelo hacen imposible una solución óptima y el determinar una solución aceptable es suficiente, lo que implica una técnica de administración apropiada. Estas técnicas pertenecen a:

- Métodos óptimos, que producen los mejores valores posibles para las variables de decisión
- Métodos heurísticos, que producen valores aceptables, aunque no necesariamente óptimos, para las variables de decisión.

d.- Establecimiento de controles.-

Los controles se establecen para detectar cualquier cambio significativo de las condiciones en las cuales se basa el modelo.

e.- Modificación del modelo.-

Si durante el proceso de validación se encuentra que la solución no pueden llevarse a cabo, habrá necesidad de modificar el modelo matemático.

6.9.1.6. Casos prácticos de formulación o construcción de un modelo matemático

CASO 1: MAXIMIZACION

La PUCESA tiene un pequeño taller que se limita a la producción de escritorios y pupitres, el departamento de contabilidad ha calculado que las utilidades unitarias son \$30 para los escritorios y de \$20 para los pupitres. Cada producto pasa por los departamentos de metalistería, pintura y ensamblado. Para fabricar un escritorio se requiere 30 horas en el departamento de metalistería, 10 horas en pintura y 12 horas en el departamento de ensamblado, en tanto que para cada pupitre se necesita 15 horas en el departamento de metalistería, 10 horas en pintura y 10 horas en ensamblado. La disponibilidad en horas/mes de cada departamento del taller son: Metalistería 15000 horas, Pintura 9000 horas y Ensamblado 7000. Formule el modelo matemático que determine cuánto producir de cada producto para maximizar las utilidades, e indique que tipo de restricciones utiliza.

RESOLUCION:

Identificado el problema los pasos a seguir para la construcción del modelo matemático son:

a.- Identificación de las variables de decisión.-

Como se necesita conocer cuántas escritorios y pupitres hay que fabricar, las variables de decisión son:

- X1: número de escritorios
- X2: número de pupitres

b.- Determinación de los datos del problema.-

| Departamentos | Escritorios (X1) Horas/unidad | Pupitres (X2) Horas/unidad | Disponibilidad del taller (horas/mes) |
|---------------------------------|--|---|--|
| Metalistería | 30 | 15 | 15000 |
| Pintura | 10 | 10 | 9000 |
| Ensamblado | 12 | 10 | 7000 |
| Utilidad (\$/unidad) | 30 | 20 | |

c.- Identificación de la función objetivo.-

- La función objetivo es de maximizar las utilidades
- Descomponer el objetivo en una suma, diferencia o producto. En el ejemplo la utilidad total puede determinarse como la suma de las ganancias de escritorios y pupitres:

Maximizar utilidad: utilidad de escritorios + utilidad de pupitres

- Expresar la función objetivo en términos matemáticos:

$$\text{FO (maximizar) } z = 30X_1 + 20X_2$$

d.- Identificar las restricciones.-

El problema presenta tres restricciones físicas, que se refieren a la disponibilidad del taller y una restricción lógica, que corresponde a la restricción de no negatividad

Restricciones Físicas.-

Departamento de Metalistería:

- Horas usadas en metalistería: no pueden exceder de 15000 horas/mes
- Horas usadas en escritorios + horas usadas en pupitres no pueden exceder de 15000 horas/mes
- Matemáticamente: $30X1 + 15X2 \leq 15000$

Departamento de Pintura:

- Horas totales en pintura no pueden exceder de 9000 horas/mes
- Horas usadas en escritorios + horas usadas en pupitres no pueden exceder de 9000 horas/mes
- Matemáticamente: $10X1 + 10X2 \leq 9000$

Departamento de Ensamblado:

- Horas totales de ensamblado no pueden exceder 7000 horas/mes
- Horas usadas en escritorios + horas usadas en pupitres no pueden exceder de 7000 horas/mes
- Matemáticamente: $12X1 + 10X2 \leq 7000$

Restricción de no negatividad (Limitación Lógica)

Las variables de decisión solo toman valores mayores o iguales a cero, por lo tanto no se aceptan valores negativos.

- Matemáticamente: $X1, X2 \geq 0$

FORMULACION MATEMATICA DEL PROBLEMA:

Función Objetivo (FO): maximizar $Z = 30X_1 + 20X_2$

Sujeto a (s.a): $30X_1 + 15X_2 \leq 15000$

$10X_1 + 10X_2 \leq 9000$

$12X_1 + 10X_2 \leq 7000$

$X_1, X_2 \geq 0$

CASO 2: MINIMIZACION

Una funda de fertilizantes debe contener por lo menos 18 onzas de nutriente A, 12 onzas de nutriente B y 18 onzas de nutriente C. Se desea mezclar este fertilizante a partir de dos ingredientes: el primero cuesta \$10 por libra y cada libra contiene 2 onzas de nutriente A, 4 onzas de nutriente B y 3 onzas de nutriente C; el segundo ingrediente cuesta \$5 la libra y cada libra contiene 3 onzas de nutriente A, 1 onza de nutriente B y 2 onzas de nutriente C. Formule el modelo matemático para determinar cuántas libras de cada ingrediente se debe mezclar para minimizar el costo del fertilizante a obtener y al mismo tiempo cumplir con las especificaciones de nutrición

RESOLUCION:

a.- Identificación de las variables de decisión:

Se desea determinar el número de libras de los dos ingredientes que se desea mezclar, entonces:

- X_1 : número de libras de ingrediente 1
- X_2 : número de libras de ingrediente 2

b.- Determinar datos del problema:

| Nutrientes | Ingrediente 1 (X1) | Ingrediente 2 (X2) | Especificaciones de nutrición onzas |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| A (onza/libra) | 2 | 3 | 18 |
| B (onza/libra) | 4 | 1 | 12 |
| C (onza/libra) | 3 | 2 | 18 |
| Costo (\$/libra) | 10 | 5 | |

c.- Identificar la función objetivo:

- La función objetivo (FO) es minimizar el costo de la funda del fertilizante
- Descomponer en una suma: Costo de ingrediente 1 + costo de ingrediente 2
- Matemáticamente: FO (MINIMIZAR) $Z=10X_1 + 5X_2$

d.- Identificar las restricciones:

Restricciones físicas:

Nutriente A:

- La funda de fertilizante debe tener por lo menos 18 onzas de este nutriente
- Onzas/libra de nutriente del ingrediente 1 + onzas/libra de nutriente del ingrediente 2 deben tener por lo menos 18 onzas
- Matemáticamente: $2X_1 + 3X_2 \geq 18$

Nutriente B:

- La funda de fertilizante debe tener por lo menos 12 onzas de este nutriente
- Onzas/libra de nutriente del ingrediente 1 + onzas/libra de nutriente del ingrediente 2 deben tener por lo menos 12 onzas
- Matemáticamente: $4X_1 + X_2 \geq 12$

Nutriente C:

- La funda de fertilizante debe tener por lo menos 18 onzas de este nutriente
- Onzas/libra de nutriente del ingrediente 1 + onzas/libra de nutriente del ingrediente 2 deben tener por lo menos 18 onzas
- Matemáticamente: $3X_1 + 2X_2 \geq 18$

Restricción de no negatividad:

- Matemáticamente: $X_1, X_2 \geq 0$

FORMULACION MATEMATICA DEL PROBLEMA:

Función Objetivo (FO): minimizar $Z = 10X_1 + 5X_2$

Sujeto a (s.a):

$$2X_1 + 3X_2 \geq 18$$

$$4X_1 + X_2 \geq 12$$

$$3X_1 + 2X_2 \geq 18$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

6.9.1.7. Evaluación

- 1.- ¿Cuáles son las características de la Investigación de Operaciones?
- 2.- ¿Cuál es la metodología utilizada en la Investigación de Operaciones?
- 3.- ¿Cuáles son los pasos para formular un modelo matemático?
- 4.- ¿Cómo se clasifican los modelos?
- 5.- ¿En función de qué se clasifican los modelos matemáticos determinísticos?

6.9.1.8. Problemas:

1.- Una empresa ensambladora de televisores está interesada en decidir las cantidades que debe producir de los televisores LCD de 29 y 32 pulgadas. La empresa cuenta 192 unidades de materia prima y 144 horas hombre. Para la fabricación de cada televisor de 29 pulgadas se requieren de 24 unidades de materia prima y 12 horas hombre, mientras que para producir un televisor de 32 pulgadas en inventario se necesitan 16 unidades de materia prima y 24 horas hombre. La ganancia unitaria por cada televisor de 29 y 32 pulgadas son de \$5 y \$6 respectivamente. Formule el modelo matemático que maximice las utilidades.

2.- El departamento de rayos X del hospital municipal tiene dos equipos A y B, que pueden utilizarse para revelar fotografías. La capacidad máxima de procesamiento de estos equipos son: equipo A 160 radiografías y equipo B 200 radiografías. El departamento de radiología debe planear por lo menos 300 radiografías por día. Los costos de operación de cada radiografía son de \$8 para el equipo A y \$6 para el equipo B. Con esta información formule el modelo matemático que le permita determinar cuántas radiografías debe procesar por cada equipo para minimizar los costos.

6.9.1.9. Glosario

Decisión: Opción seleccionada

Función objetivo: Expresión matemática que representa el criterio destinado a evaluar

Modelo: Representación de un objeto o situación real

Restricciones: Limitaciones del problema

Variables Controlables: Variables que pueden ser controlada por quien toma la decisión

Variables Incontrolables: Variables que no puede controlar quien toma las decisiones

6.9.2. PROGRAMACIÓN LINEAL

OBJETIVO: Encontrar soluciones mediante metodología de base matemática, concretamente sistemas lineales, a problemas de carácter técnico-económico que se presentan por la limitación de recursos

6.9.2.1. Concepto de Programación Lineal

Toda empresa dispone para su funcionamiento de una serie de recursos, entre los que se pueden mencionar: hombres, dinero, máquinas y equipos, materia prima, etc., pero estos recursos manejados por la empresa no son ilimitados de allí la necesidad de optimizarlos a través de las técnicas de programación lineal.

Entonces, la Programación Lineal consiste en la utilización de técnicas matemáticas para asignar los recursos limitados de la empresa que le permita maximizar ganancias, rendimientos, y minimizar sus costos y pérdidas.

Se denomina Programación Lineal porque emplea en la resolución de problemas exclusivamente relaciones de tipo lineal, es decir, ecuaciones e inecuaciones de primer grado. Su nombre como tal surgió a raíz de la segunda guerra mundial cuando George Dantzig aplicó esta técnica en operaciones aéreo militar luego de realizar varias investigaciones. Su método de aplicación se denominó método simplex o matricial.

Posteriormente se aplicó la Programación Lineal en empresas productivas para resolver casos de producción, asignación de recursos, maximización de beneficios y minimización de costos.

Los métodos de resolución a problemas de Programación Lineal son:

- Método Gráfico
- Método Algebraico
- Método Simplex o Matricial
- Método Computacional

6.9.2.2. Formulación y construcción del modelo de Programación Lineal

Para desarrollar un modelo matemático, la metodología a seguir es la explicada en la investigación de operaciones, es decir, el procedimiento para la formulación y construcción del modelo es:

- Describir el problema
- Identificar las variables de decisión
- Identificar la función objetivo
- Identificar las restricciones
- Formular el modelo matemático

6.9.2.3. Método Gráfico de Programación Lineal

Este método de resolución de problemas de Programación Lineal, es útil cuando el problema identificado y planteado presenta únicamente dos variables de decisión.

El proceso sistemático que se sigue en la búsqueda de la solución óptima de un problema es la metodología planteada en la Investigación de Operaciones, por lo que se empleará los ejemplos planteados en el capítulo anterior, tanto para maximización como de minimización.

El método gráfico consiste en primer lugar representar las inecuaciones en el primer cuadrante del plano cartesiano, puesto que la metodología indica que no se aceptan valores negativos de las variables de decisión, y en segundo determinar las soluciones factibles para cada restricción (inecuación), las soluciones básicas

factibles, es decir, las soluciones que cumplen con todas las restricciones (inecuaciones) y finalmente determinar el punto o solución óptima al problema.

Es un método que permite visualizar las alternativas que se van presentando y que son sujetas a eliminaciones, hasta encontrar la solución óptima, debe cumplir con los cuatro requisitos básicos:

- Función Objetivo
- Conjunto de limitaciones o restricciones
- Condición de no negatividad
- Condiciones de optimización : Solución factible

Solución básica factible

Solución óptima factible

En el método gráfico se trata de resolver por aproximaciones o iteraciones gráficas las posibilidades de mejorar las soluciones de conformidad a la función objetivo determinada. Mediante este método se pueden resolver únicamente problemas para dos variables.

Ventajas y limitaciones del Método Gráfico.

Es una gran ayuda para resolver problemas de programación lineal en forma sencilla relativamente; permite visualizar los conceptos y las aproximaciones de orden gráfico llegando a la respuesta óptima fácilmente demostrable.

En cuanto a sus limitaciones es un método que únicamente resuelve problemas de dos variables y para un número grande de ecuaciones puede dificultarse la representación gráfica

Para el presente trabajo se ha tomado como técnica de resolución la de los puntos vértices y los ejemplos del tema de Investigación de Operaciones.

CASO 1: MAXIMIZACION

La PUCESA tiene un pequeño taller que se limita a la producción de escritorios y pupitres, el departamento de contabilidad ha calculado que las utilidades unitarias son \$30 para los escritorios y de \$20 para los pupitres. Cada producto pasa por los departamentos de metalistería, pintura y ensamblado. Para fabricar un escritorio se requiere 30 horas en el departamento de metalistería, 10 horas en pintura y 12 horas en el departamento de ensamblado, en tanto que para cada pupitre se necesita 15 horas en el departamento de metalistería, 10 horas en pintura y 10 horas en ensamblado. La disponibilidad en horas/mes de cada departamento del taller son: Metalistería 15000 horas, Pintura 9000 horas y Ensamblado 7000. Formule el modelo matemático que determine cuánto producir de cada producto para maximizar las utilidades, e indique que tipo de restricciones utiliza.

Variables de decisión.-

- X1: número de escritorios
- X2: número de pupitres

Datos del problema.-

| Departamentos | Escritorios (X1) Horas/unidad | Pupitres (X2) Horas/unidad | Disponibilidad del taller (horas/mes) |
|---------------------------------|--|---|--|
| Metalistería | 30 | 15 | 15000 |
| Pintura | 10 | 10 | 9000 |
| Ensamblado | 12 | 10 | 7000 |
| Utilidad (\$/unidad) | 30 | 20 | |

Modelo Matemático:

$$\text{FO (MAX): } Z = 30X_1 + 20X_2$$

s.a:

$$\begin{aligned} 30X_1 + 15X_2 &\leq 15000 \\ 10X_1 + 10X_2 &\leq 9000 \\ 12X_1 + 10X_2 &\leq 7000 \\ X_1, X_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Pasos:

1.- Represente la primera inecuación en la gráfica y utilizando un punto de referencia determine sus soluciones factibles, mediante rayado o pintado.

$$30X_1 + 15X_2 \leq 15000$$

| X1 | X2 |
|-----|------|
| 0 | 1000 |
| 500 | 0 |

Punto de referencia (200,200)

$$30X_1 + 15X_2 \leq 15000$$

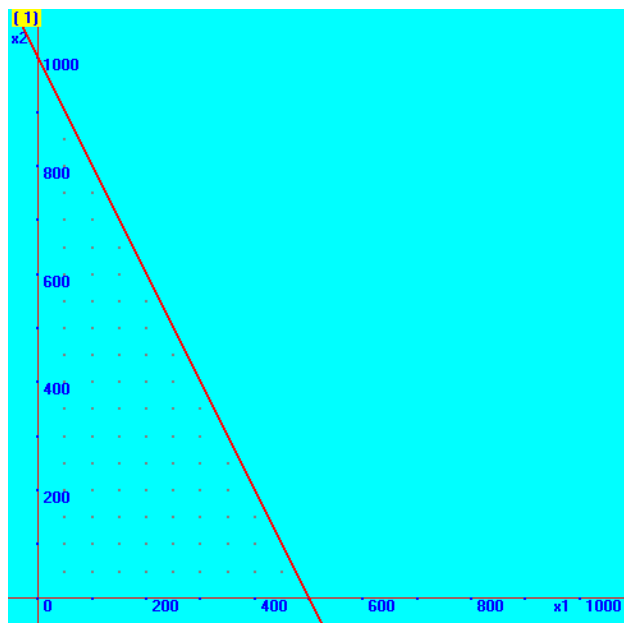
$$30(200) + 15(200) \leq 15000$$

$$6000 + 3000 \leq 15000$$

$$9000 \leq 15000 \text{ (Verdadero)}$$

Como es verdadero el rayado o pintado se realiza en el sector donde se encuentra el punto de

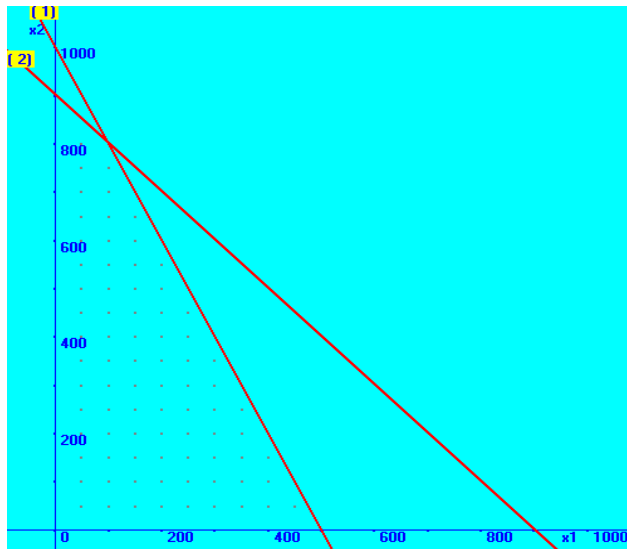
referencia; si hubiera sido falso se raya o pinta en el sentido contrario al punto de referencia.



2.- Represente la segunda inecuación y utilizando el mismo punto de referencia, determine las soluciones factibles para esta inecuación y las soluciones básicas factibles para las dos primeras inecuaciones (rayando o pintando)

$$10X_1 + 10X_2 \leq 9000$$

| X1 | X2 |
|-----|-----|
| 0 | 900 |
| 900 | 0 |



Remplazando el punto de referencia (200,200) en la inecuación 2:

$$10X_1 + 10X_2 \leq 9000$$

$$10(200) + 10(200) \leq 9000$$

$$2000 + 2000 \leq 9000$$

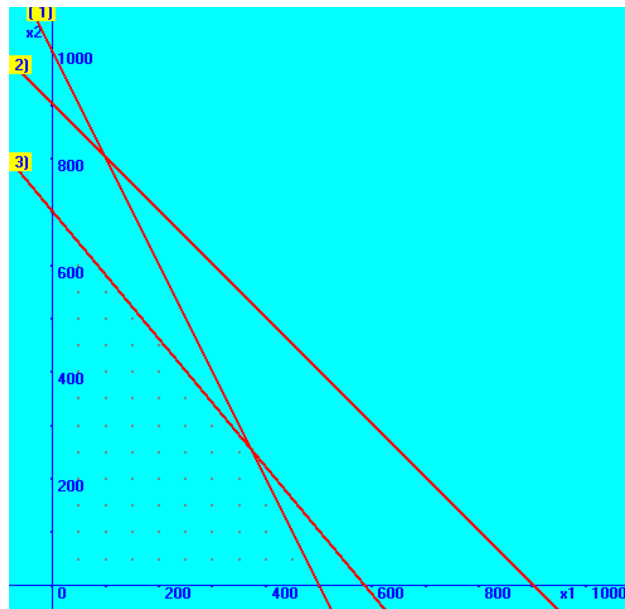
$$4000 \leq 9000 \text{ (Verdadero)}$$

Soluciones básicas factibles los señalados por los puntos

3.- Represente la tercera inecuación y mediante el punto de referencia escogido determine las soluciones factibles de esta inecuación y las soluciones básicas factibles para las tres inecuaciones (rayando o pintando).

$12X_1 + 10X_2 \leq 7000$ Reemplazando punto de referencia (200,200) en inecuación:

| X1 | X2 | $12X_1 + 10X_2 \leq 7000$ |
|-------|-----|-------------------------------|
| 0 | 700 | $12(200) + 10(200) \leq 7000$ |
| 583.3 | 0 | $2400 + 2000 \leq 7000$ |
| | | $4400 \leq 7000$ (Verdadero) |



Soluciones básicas para las tres inecuaciones los puntos señalados en el gráfico

4.- Donde se cruzan los rayados o pintados de las tres inecuaciones (puntos señalados en el grafico) se encuentran las soluciones básicas factibles, formándose una figura geométrica

5.- La figura geométrica queda determinada por los vértices formados por las tres inecuaciones

Vértices identificados: (0,0), (0,700), (500,0), (375,250)

6.- De no identificar el vértice se realiza un sistema de ecuaciones entre las líneas que se cortan, es decir, se determina su punto de intersección

En el gráfico resulta un poco dificultoso el determinar el punto (375, 250) por lo tanto se realiza un sistema de ecuaciones por donde se encuentra el punto de intersección, en este caso, las rectas 1 y 3.

$$\text{Ecuación 1: } 30X_1 + 15X_2 = 15000$$

$$\text{Ecuación 3: } 12X_1 + 10X_2 = 7000$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ -3 \end{array} \left\{ \begin{array}{l} 30X_1 + 15X_2 = 15000 \\ 12X_1 + 10X_2 = 7000 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} 60X_1 + 30X_2 = 30000 \\ \underline{-36X_1 - 30X_2 = -21000} \\ 24X_1 \qquad \qquad = 9000 \\ X_1 = 9000/24 \\ \mathbf{X_1 = 375} \end{array}$$

$$\text{Remplazando } X_1 \text{ en ecuación 1: } 30(375) + 15X_2 = 15000$$

$$11250 + 15X_2 = 15000$$

$$15X_2 = 15000 - 11250$$

$$15X_2 = 3750$$

$$X_2 = 3750/15$$

$$\mathbf{X_2 = 250}$$

7.- Identificados los vértices se remplazan estos puntos (pares ordenados) en la función objetivo

$$\text{FUNCION OBJETIVO (MAXIMIZAR)} \quad Z= 30X_1 + 20X_2$$

$$\text{Vértice (0,0)} \quad Z= 30(0) + 20(0)$$

$$Z= 0$$

$$\text{Vértice (0,700)} \quad Z= 30(0) + 20(700)$$

$$Z= 14000$$

$$\text{Vértice (500,0)} \quad Z= 30(500) + 20(0)$$

$$Z= 15000$$

$$\text{Vértice (375,250)} \quad Z= 30(375) + 20(250)$$

$$Z= \mathbf{16250 \text{ (OPTIMO)}}$$

8.- El vértice que al remplazar en la función objetivo obtiene el mayor valor, es el punto óptimo y su función objetivo es su máximo beneficio.

Punto óptimo: 375, 250

Entonces, se deben producir:

X1= 375 escritorios

X2= 250 pupitres

Z= \$ 16250 (utilidad máxima)

CASO 2: MINIMIZACION

Una funda de fertilizantes debe contener por lo menos 18 onzas de nutriente A, 12 onzas de nutriente B y 18 onzas de nutriente C. Se desea mezclar este fertilizante a partir de dos ingredientes: el primero cuesta \$10 por libra y cada libra contiene 2 onzas de nutriente A, 4 onzas de nutriente B y 3 onzas de nutriente C; el segundo ingrediente cuesta \$5 la libra y cada libra contiene 3 onzas de nutriente A, 1 onza de nutriente B y 2 onzas de nutriente C. Formule el modelo matemático para determinar cuántas libras de cada ingrediente se debe mezclar para minimizar el costo del fertilizante a obtener y al mismo tiempo cumplir con las especificaciones de nutrición

Variables de decisión:

- X1: número de libras de ingrediente 1
- X2: número de libras de ingrediente 2

Datos del problema:

| Nutrientes | Ingrediente 1 (X1) | Ingrediente 2 (X2) | Especificaciones de nutrición onzas |
|------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| A (onza/libra) | 2 | 3 | 18 |
| B (onza/libra) | 4 | 1 | 12 |
| C (onza/libra) | 3 | 2 | 18 |
| Costo (\$/libra) | 10 | 5 | |

Modelo Matemático:

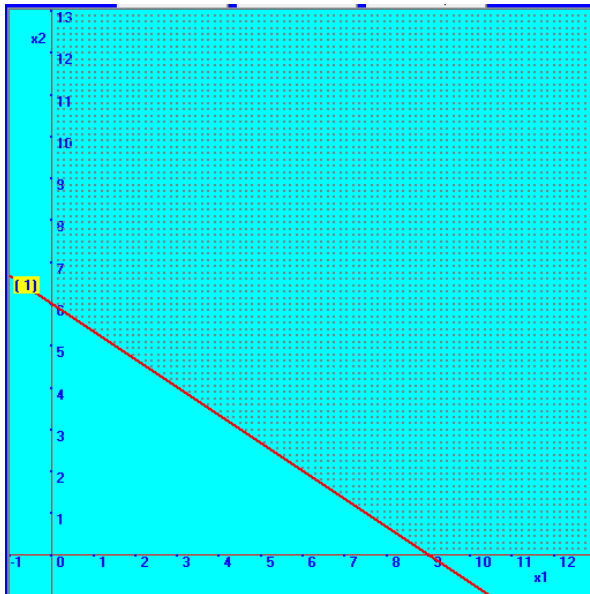
$$\begin{aligned} & \text{FO (MIN)} && Z = 10X_1 + 5X_2 \\ \text{s.a:} & && 2X_1 + 3X_2 \geq 18 \\ & && 4X_1 + X_2 \geq 12 \\ & && 3X_1 + 2X_2 \geq 18 \\ & && X_1, X_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Pasos:

1.- Represente la primera inecuación en la gráfica y utilizando un punto de referencia determine sus soluciones factibles, mediante rayado o pintado.

$$2X_1 + 3X_2 \geq 18$$

| X1 | X2 |
|----|----|
| 0 | 6 |
| 9 | 0 |



Punto de referencia escogido (2,2)

Remplazando en inecuación: $2X_1 + 3X_2 \geq 18$

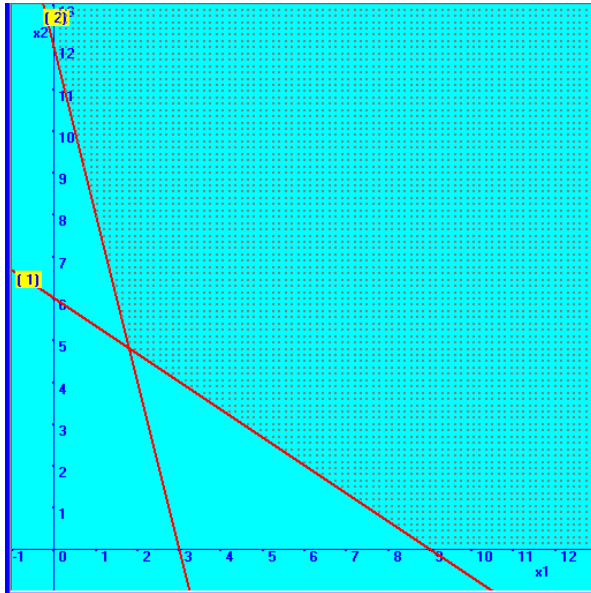
$$2(2) + 3(2) \geq 18$$

$$4 + 6 \geq 18$$

$$10 \geq 18 \text{ (Falso)}$$

El pintado está en sentido contrario al punto de referencia e indican las soluciones factibles de la inecuación 1

2.- Represente la segunda inecuación y utilizando el mismo punto de referencia, determine las soluciones factibles para esta inecuación y las soluciones básicas factibles para las dos primeras inecuaciones (rayando o pintando)



$$4X_1 + X_2 \geq 12$$

| 2: | X ₁ | X ₂ |
|----|----------------|----------------|
| | 0 | 12 |
| | 3 | 0 |

Remplazando el punto de referencia (2,2) en la inecuación

$$4X_1 + X_2 \geq 12$$

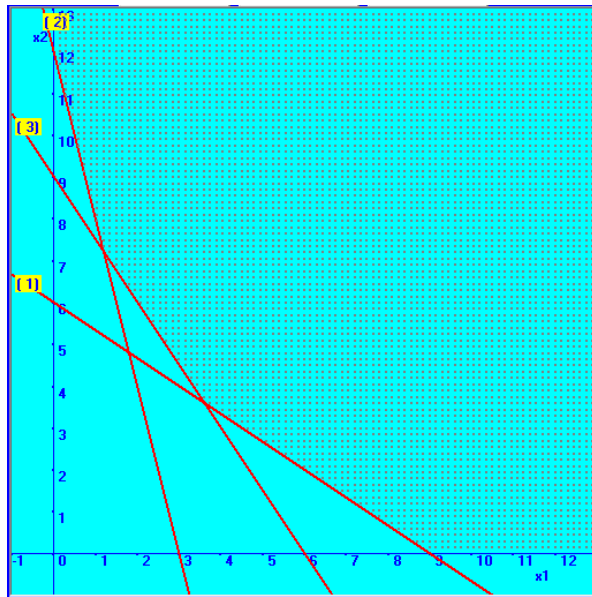
$$4(2) + (2) \geq 12$$

$$10 \geq 12 \text{ (Falso)}$$

Los puntos indican las soluciones básicas factibles para inecuaciones 1 y 2

3.- Represente la tercera inecuación y mediante el punto de referencia escogido determine las soluciones factibles de esta inecuación y las soluciones básicas factibles para las tres inecuaciones (rayando o pintando).

$$3X_1 + 2X_2 \geq 18$$



$$3X_1 + 2X_2 \geq 18$$

| X1 | X2 |
|----|----|
| 0 | 9 |
| 6 | 0 |

Remplazando el punto de referencia (2,2) en la inecuación 3:

$$3X_1 + 2X_2 \geq 18$$

$$3(2) + 2(2) \geq 18$$

$$6 + 4 \geq 18$$

$$10 \geq 18 \text{ (Falso)}$$

El pintado indica las soluciones factibles de las tres inecuaciones

4.- Donde se cruzan los rayados o pintados de las tres inecuaciones se encuentran las soluciones básicas factibles

5.- Estas soluciones básicas identifican los vértices donde se encuentra el punto óptimo

Vértices identificados: (0,12), (9,0), (1.2,7.2), (3.6,3.6)

6.- De no identificar el vértice se realiza un sistema de ecuaciones entre las líneas que se cortan, es decir, se determina su punto de intersección

Punto de intersección entre las rectas 2 y 3:

$$4X_1 + X_2 = 12$$

$$3X_1 + 2X_2 = 18$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones: $X_1 = 1.2$ $X_2 = 7.2$

Punto de intersección entre las rectas 1 y 3:

$$2X_1 + 3X_2 = 18$$

$$3X_1 + 2X_2 = 18$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones: $X_1 = 3.6$ $X_2 = 3.6$

7.- Identificados los vértices se reemplazan estos puntos (pares ordenados) en la función objetivo

Función objetivo (minimizar): $Z = 10X_1 + 5X_2$

Vértice (0,12): $Z = 10(0) + 5(12) = 60$

Vértice (9,0): $Z = 10(9) + 5(0) = 90$

Vértice (1.2,7.2): $Z = 10(1.2) + 5(7.2) = 48$ (OPTIMO)

Vértice (3.6,3.6): $Z = 10(3.6) + 5(3.6) = 54$

8.- El vértice que al reemplazar en la función objetivo obtiene el menor valor, es el punto óptimo y su función objetivo es su mínimo costo.

Punto óptimo: 1.2, 7.2

Entonces, se deben producir:

$X_1 = 1.2$ libras de ingrediente 1

$X_2 = 7.2$ libras de ingrediente 2

$Z = \$ 48$ (costo mínimo)

6.9.2.4. Método Algebraico

El método algebraico es una técnica muy práctica para resolver problemas de programación lineal que cuentan con dos variables de decisión. El procedimiento o pasos para desarrollar el método se indican a continuación:

a.- Las desigualdades, que representan las restricciones o limitaciones del problema, se convierten en ecuaciones, considerando el signo de la desigualdad, así:

- Para convertir inecuaciones con signo \leq , en ecuaciones, se añade una variable de holgura a cada desigualdad, llamaremos a las variables de holgura h_j , donde j , significa el número de variables de holguras que se utilizan. Las variables de holgura representan la cantidad de tiempo o unidad que se usa en la restricción.
- Para convertir las desigualdades con signo \geq , en ecuaciones, se disminuye una variable de exceso a cada desigualdad, llamadas igualmente h , y que constituyen el exceso que tiene el lado izquierdo de la restricción con relación a su lado derecho.

b.- Los coeficientes de las variables de holgura y de exceso en las restricciones tienen el valor de 1.

c.- Los coeficientes de las variables de holgura y de exceso, en la función objetivo, valen cero.

d.- Se realizan las iteraciones considerando el número de combinaciones que se pueden realizar entre todas las variables identificadas (variables de decisión, de holgura y de exceso). Para determinar el número de combinaciones se utiliza la expresión estadística siguiente:

$${}_n C_r = \frac{n!}{r!(n-r)!}$$

Donde: n= número de variables identificadas

r= número de restricciones

e.- Al realizar las combinaciones de las variables, de dos en dos, éstas tienen el valor de cero y se procede inmediatamente a determinar las otras variables identificadas.

f.- Todas las variables identificadas deben ser mayores o iguales a cero, es decir, se aplica la restricción lógica o de no negatividad, de tener una de las variables identificadas un valor negativo, la solución es no factible.

g.- Si todas las variables identificadas tienen un valor de cero o positivo, dichos valores de las variables se remplazan en la función objetivo y se determina Z, que constituyen soluciones al problema o ejercicio.

h.- La solución óptima, en caso de maximización, se obtiene al escoger el mayor valor de Z, y la solución óptima, en caso de minimización, es cuando se escoge el menor valor de Z.

Para un mejor entendimiento del método se aplicará sus pasos en la aplicación de un ejercicio de maximización y uno de minimización.

Ejemplos:

1.- CASO DE MAXIMIZACION

$$\text{FO (MAX) } Z= 12X_1 + 10X_2$$

s.a:

$$3X_1 + 2X_2 \leq 1500$$

$$X_1 + X_2 \leq 600$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

- Transformar inecuaciones en ecuaciones aumentando una variable de holgura a cada inecuación:

$$3X_1 + 2X_2 + h_1 = 1500$$

$$X_1 + X_2 + h_2 = 600$$

Coefficientes de variables de holgura son 1

- La función objetivo es: FO (MAX) $Z= 12X_1 + 10X_2 + 0h_1 + 0h_2$

Coefficientes de las variables de holgura son ceros

- Número de variables identificadas, $n=4$

Número de restricciones, $r= 2$

Combinaciones: ${}_n C_r = \frac{n!}{r!(n-r)!}$

$${}_4 C_2 = \frac{4!}{2!(4-2)!} = 6$$

Existen 6 combinaciones

Combinaciones:

Primera combinación: $X_1=X_2=0$

$$3X_1 + 2X_2 + h_1 = 1500$$

$$3(0) + 2(0) + h_1 = 1500 \quad h_1=15000$$

$$X_1 + X_2 + h_2 = 600$$

$$(0) + (0) + h_2 = 600 \quad h_2= 600$$

$$X_1= 0 \quad X_2= 0 \quad h_1= 15000 \quad h_2= 600$$

$$\text{FO (MAX)} \quad Z= 12X_1 + 10X_2$$

$$Z= 12(0) + 10(0) + 0h_1 + 0h_2 = 0$$

$$Z= 0$$

Segunda combinación: $X_1= h_1=0$

$$3X_1 + 2X_2 + h_1 = 1500$$

$$3(0) + 2X_2 + (0) = 1500 \quad X_2= 750$$

$$X_1 + X_2 + h_2 = 600$$

$$(0) + 750 + h_2 = 600 \quad h_2= - 150 \text{ Variable negativa}$$

Solución no factible

Tercera combinación: $X_1= h_2= 0$

$$X_1 + X_2 + h_2 = 600$$

$$(0) + X_2 + 0 = 600 \quad X_2= 600$$

$$3X_1 + 2X_2 + h_1 = 1500$$

$$3(0) + 2(600) + h_1 = 1500 \quad h_1= 300$$

$$X_1= 0 \quad X_2= 600 \quad h_1= 300 \quad h_2= 0$$

$$\text{FO (MAX)} \quad Z= 12X_1 + 10X_2$$

$$Z= 12(0) + 10(600) + 0h_1 + 0h_2 = 6000$$

$$Z= 6000$$

Cuarta combinación: $X_2 = h_1 = 0$

$$3X_1 + 2X_2 + h_1 = 1500$$

$$3X_1 + 2(0) + (0) = 1500 \quad X_1 = 500$$

$$X_1 + X_2 + h_2 = 600$$

$$(500) + (0) + h_2 = 600 \quad h_2 = 100$$

$$X_1 = 500 \quad X_2 = 0 \quad h_1 = 15000 \quad h_2 = 100$$

$$\text{FO (MAX)} \quad Z = 12X_1 + 10X_2$$

$$Z = 12(500) + 12(0) + 0h_1 + 0h_2 = 6000$$

$$Z = 6000$$

Quinta combinación: $X_2 = h_2 = 0$

$$X_1 + X_2 + h_2 = 600$$

$$X_1 + (0) + (0) = 600 \quad X_1 = 600$$

$$3X_1 + 2X_2 + h_1 = 1500$$

$$3(600) + 2(0) + h_1 = 1500 \quad h_1 = -300$$

Solución no factible

Sexta combinación: $h_1 = h_2 = 0$

$$3X_1 + 2X_2 + h_1 = 1500$$

$$3X_1 + 2X_2 + (0) = 1500$$

$$X_1 + X_2 + (0) = 600$$

Por sistema de ecuaciones:

$$3X_1 + 2X_2 = 1500$$

$$\underline{-3X_1 - 3X_2 = -1800}$$

$$-X_2 = -300$$

$$X_2 = 300$$

Remplazando X2 en cualquier ecuación:

$$X1 + 300 = 600$$

$$X1 = 300$$

$$X1 = 300 \quad X2 = 300 \quad h1 = 0 \quad h2 = 0$$

$$\text{FO (MAX)} \quad Z = 12X1 + 10X2$$

$$Z = 12(300) + 10(300) + 0h1 + 0h2 = 6600$$

$$Z = 6600$$

Valores de Z encontrados:

$$Z = 0$$

$$Z = 6000$$

$$Z = 6000$$

$$Z = 6600 \text{ (Valor óptimo)}$$

Respuesta: Z máximo= 6600; X1= 300; X2= 300

2.- CASO DE MINIMIZACION

$$\text{FO (MIN) } Z = 5X_1 + 6X_2$$

s.a:

$$4X_1 + X_2 \geq 100$$

$$X_1 + 3X_2 \geq 60$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

- Transformar inecuaciones en ecuaciones disminuyendo una variable de exceso a cada inecuación:

$$4X_1 + X_2 - h_1 = 100$$

$$X_1 + 3X_2 - h_2 = 60$$

Coefficientes de variables de exceso son 1

- La función objetivo es: FO (MIN) $Z = 5X_1 + 6X_2 - 0h_1 - 0h_2$

Coefficientes de las variables de exceso son ceros

- Número de variables identificadas, $n=4$

Número de restricciones, $r=2$

Combinaciones: ${}_n C_r = \frac{n!}{r!(n-r)!}$

$${}_4 C_2 = \frac{4!}{2!(4-2)!} = 6$$

Existen 6 combinaciones

Combinaciones:

Primera combinación: $X_1=X_2=0$

$$4X_1 + X_2 - h_1 = 100$$

$$4(0) + (0) - h_1 = 100 \quad h_1 = -100$$

Solución no factible

Segunda combinación: $X_1 = h_1 = 0$

$$4X_1 + X_2 - h_1 = 100$$

$$4(0) + X_2 - (0) = 100 \quad X_2 = 50$$

$$X_1 + 3X_2 - h_2 = 60$$

$$(0) + 3(50) - h_2 = 60 \quad h_2 = -90$$

Solución no factible

Tercera combinación: $X_1 = h_2 = 0$

$$X_1 + 3X_2 - h_2 = 60$$

$$(0) + 3X_2 - 0 = 60 \quad X_2 = 20$$

$$4X_1 + X_2 - h_1 = 100$$

$$4(0) + (300) + h_1 = 100 \quad h_1 = -200$$

Solución no factible

Cuarta combinación: $X_2 = h_1 = 0$

$$4X_1 + X_2 - h_1 = 100$$

$$4X_1 + (0) + (0) = 100 \quad X_1 = 25$$

$$X_1 + 3X_2 - h_2 = 60$$

$$(25) + (0) - h_2 = 60 \quad h_2 = 35$$

$$X_1 = 25 \quad X_2 = 0 \quad h_1 = 0 \quad h_2 = 35$$

$$\text{FO (MIN)} \quad Z = 5X_1 + 6X_2 - 0h_1 - 0h_2$$

$$Z = 5(25) + 6(0) - 0(0) - 0(35) = 125$$

$$Z = 125$$

Quinta combinación: $X_2 = h_2 = 0$

$$X_1 + 3X_2 - h_2 = 60$$

$$X_1 + 3(0) + (0) = 60 \quad X_1 = 20$$

$$4X_1 + X_2 - h_1 = 100$$

$$4(20) + (0) - h_1 = 100 \quad h_1 = 20$$

$$X_1 = 20 \quad X_2 = 0 \quad h_1 = 20 \quad h_2 = 0$$

$$\text{FO (MIN)} \quad Z = 5X_1 + 6X_2 - 0h_1 - 0h_2$$

$$Z = 5(20) + 6(0) - 0(20) - 0(0) = 100$$

$$Z = 100$$

Sexta combinación: $h_1 = h_2 = 0$

$$4X_1 + X_2 - h_1 = 100 \quad \text{y} \quad X_1 + 3X_2 - h_2 = 60$$

$$4X_1 + X_2 - (0) = 100$$

$$X_1 + 3X_2 - (0) = 60$$

Por sistema de ecuaciones:

$$-12X_1 - 3X_2 = -300$$

$$\underline{X_1 - 3X_2 = 60}$$

$$-11X_1 = -240$$

$$X_1 = 21.82$$

Remplazando X_1 en cualquier ecuación:

$$4X_1 + X_2 = 100$$

$$4(21.82) + X_2 = 100$$

$$X_2 = 12.72$$

$$X_1 = 21.82 \quad X_2 = 12.72 \quad h_1 = 0 \quad h_2 = 0$$

$$\text{FO (MIN)} \quad Z = 5X_1 + 6X_2 - 0h_1 - 0h_2$$

$$Z = 5(21.82) + 6(12.72) - 0h_1 - 0h_2 = 185.42$$

$$Z = 185.4$$

Valores de Z encontrados:

$$Z = 125$$

$$Z = 100$$

$$Z = 185.42$$

Z = 100 (Valor óptimo)

Respuesta: Z mínimo= 100; X1= 20; X2= 0; h1= 20; h2= 0

6.9.2.5. Método Simplex

El método simplex, también denominado matricial, fue propuesto por George Dantzig, y es muy útil cuando las variables de decisión son dos o más. La presentación del método es el siguiente:

$$\text{FO (MAX ó MIN) } Z_j = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_jX_j + \dots + C_nX_n$$

s.a:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1j}X_j + \dots + a_{1n}X_n \leq \text{ ó } \geq \text{ ó } = b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2j}X_j + \dots + a_{2n}X_n \leq \text{ ó } \geq \text{ ó } = b_2$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ij}X_j + \dots + a_{in}X_n \leq \text{ ó } \geq \text{ ó } = b_i$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mj}X_j + \dots + a_{mn}X_n \leq \text{ ó } \geq \text{ ó } = b_n$$

Donde:

C_j = coeficientes de las variables de decisión X_j en la función objetivo

a_{ij} = coeficientes de las variables de decisión X_j en las restricciones

Z_j = Valor de la función objetivo

X_j = Variables de decisión

$i = 1, 2, 3, 4, \dots, m$

$j = 1, 2, 3, 4, \dots, n$

El proceso para resolver el método simplex consiste en seguir los siguientes pasos:

1.- Se convierten las inecuaciones en ecuaciones agregando variables de holgura (h_i) a las restricciones con signo \leq .

Cuando las inecuaciones tienen el signo \geq , la conversión a ecuaciones se hace disminuyendo variables de exceso (h_i) a las restricciones y aumentando variables artificiales (a_i), solo para efecto de cálculo de la matriz.

Si el signo es =, es decir, es un igualdad, se agrega a la ecuación solo la variable artificial (a_i), para efecto de cálculo mediante el método simplex.

Las variables de exceso (h_j) tienen el valor de menos 1 en las restricciones y de cero en la función objetivo, en tanto que, las variables artificiales (a_j) tienen el valor de 1 en las restricciones y un valor M , que representa un valor muy grande como se puede imaginar, en la función objetiva

2.- Se arma la matriz con los datos expuestos en el modelo matemático

3.- Sólo en el caso de maximización, que por lo general viene con restricciones \leq , partimos de una solución matricial inicial igual a cero, es decir, que el valor de las variables de decisión y el valor de la función objetivo son ceros.

4.- Determinamos el valor de Z_j , de la siguiente manera:

$$Z_j = \sum(b_i * C_j) \text{ ó } \sum(a_{ij} * C_j)$$

b_i = lado derecho de las restricciones (realmente es la limitación)

a_{ij} = coeficientes de las variables de decisión de las restricciones (lado izquierdo)

C_j = coeficiente de la variable de decisión en la función objetivo

5.- Encontramos $C_j - Z_j$

6.- En el caso de maximización escogemos la columna con el mayor valor $C_j - Z_j$, y en el caso de minimización escogemos la columna con el valor más negativo $C_j - Z_j$. Esto nos revela la variable que va a entrar en la solución. Esta columna es la columna identificada

7.- Dividimos cada elemento de la columna b_i para cada uno de los elementos de la columna identificada en el paso anterior, dando como resultado una nueva columna b_i/a_{ij}

8.- Escogemos la fila con el menor valor positivo b_i/a_{ij} , esto nos indica la variable que va a salir de la solución. Esta fila es la fila identificada

9- Se encuentra el pivote, que es el elemento común a la fila y columna identificadas

10.- Para determinar la nueva matriz se realiza el siguiente procedimiento:

- Cada uno de los elementos de la fila identificada dividimos para el pivote
- Se coloca cero en los elementos de la columna identificada a excepción del pivote que tiene el valor de 1
- Los demás elementos de la matriz así:

Elemento= Elemento antiguo – $\frac{\text{Elemento fila identificada}}{\text{elemento columna identificada}}$

Nuevo

pivote

11.- Se llega al Z_j óptimo cuando se agotan los valores positivos de C_j-Z_j , en el caso de maximización, y cuando se agoten los valores negativos de C_j-Z_j , en el caso de minimización, hasta lograrlo se tendrán que hacer iteraciones, es decir, se repiten los pasos del al 9

Para explicación del método se empleará modelos matemáticos planteados, tanto para maximización y minimización.

Ejemplos:

CASO DE MAXIMIZACION

Modelo Matemático:

$$\text{FO (MAX): } Z= 30X_1 + 20X_2$$

s.a:

$$30X_1 + 15X_2 \leq 15000$$

$$10X_1 + 10X_2 \leq 9000$$

$$12X_1 + 10X_2 \leq 7000$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

Se convierte las inecuaciones a ecuaciones:

$$\text{FO (MAX): } Z= 30X_1 + 20X_2 + 0h_1 + 0h_2$$

s.a:

$$30X_1 + 15X_2 + 0h_1 = 15000$$

$$10X_1 + 10X_2 + 0h_2 = 9000$$

$$12X_1 + 10X_2 + 0h_3 = 7000$$

| Cj | | | 30 | 20 | 0 | 0 | 0 | |
|---|--|-------|------------------|----|-------------------|----|----|--------|
| | Xj | bi | X1 | X2 | h1 | h2 | h3 | bi/aij |
| 0 | h1 | 15000 | 30 | 15 | 1 | 0 | 0 | |
| 0 | h2 | 9000 | 10 | 10 | 0 | 1 | 0 | |
| 0 | h3 | 7000 | 12 | 10 | 0 | 0 | 1 | |
| Índice de contribución o costo para las variables que entran en la solución | Las respuestas de la función objetivo y de las variables que entran en la solución | | Matriz de cuerpo | | Matriz identidad0 | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|--------------|--------------|-----------|------------|-------------|----------|----------|---------------------|
| Cj | | | 30 | 20 | 0 | 0 | 0 | |
| | Xj | bi | X1 | X2 | h1 | h2 | h3 | bi/aij |
| 0 | h1 | 15000 | 30 | 15 | 1 | 0 | 0 | 15000/30=500 |
| 0 | h2 | 9000 | 10 | 10 | 0 | 1 | 0 | 9000/10=900 |
| 0 | h3 | 7000 | 12 | 10 | 0 | 0 | 1 | 7000/12=583 |
| | Zj | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Cj-Zj | | 30 | 20 | 0 | 0 | 0 | |
| 30 | X1 | 500 | 1 | 1/2 | 1/30 | 0 | 0 | 1000 |
| 0 | h2 | 4000 | 0 | 5 | -1/3 | 1 | 0 | 800 |
| 0 | h3 | 1000 | 1 | 4 | -2/5 | 0 | 1 | 250 |
| | Zj | 15000 | 30 | 15 | 1 | 0 | 0 | |
| | Cj-Zj | | 0 | 5 | -1 | 0 | 0 | |
| 30 | X1 | 375 | 1 | 0 | 1/12 | 0 | -1/8 | |
| 0 | h2 | 2750 | 0 | 0 | 1/6 | 1 | -5/4 | |
| 20 | X2 | 250 | 0 | 1 | -1/10 | 0 | 1/4 | |
| | Zj | 16250 | 30 | 20 | 5 | 0 | 12.5 | |
| | Cj-Zj | | 0 | 0 | -5 | 0 | -12.5 | |

Solución: $Z_j = 16250$; $X_1 = 375$; $X_2 = 250$; $h_2 = 2750$

Análisis: Para obtener una utilidad máxima de \$ 16250, se debe producir 375 escritorios (X1), y 250 pupitres (X2).

En relación a las restricciones el departamento de pintura tiene libres 2750 horas, en tanto que los departamentos de metalistería y ensamblado han ocupado toda su capacidad.

CASO DE MINIMIZACION

Modelo Matemático: Minimizar costo de tabletas

$$\begin{array}{ll} \text{FO (MIN)} & Z = 2X_1 + 3X_2 + 0.1X_3 \\ \\ \text{s.a:} & \begin{array}{l} \text{Niacina} \quad 20X_1 + 15X_2 + 0X_3 \geq 65 \\ \text{Tiamina} \quad 5X_1 + 25X_2 + 0X_3 \geq 80 \\ \text{Peso} \quad X_1 + X_2 + X_3 = 5 \\ X_1, X_2, X_3 \geq 0 \end{array} \end{array}$$

Convertir inecuaciones a ecuaciones:

$$\begin{array}{ll} \text{FO (MIN)} & Z = 2X_1 + 3X_2 + 0.1X_3 - 0h_1 + Ma_1 - 0h_2 + Ma_2 + \\ & Ma_3 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{s.a:} & \begin{array}{l} 20X_1 + 15X_2 + 0X_3 - 0h_1 + a_1 = 65 \\ 5X_1 + 25X_2 + 0X_3 - 0h_2 + a_2 = 80 \\ X_1 + X_2 + X_3 + a_3 = 5 \end{array} \end{array}$$

| | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------------|------------|-------------|----|----------|
| Cj | | | 2 | 3 | 0.1 | 0 | 0 | M | M | M | |
| | Xj | Bi | X1 | X2 | X3 | h1 | h2 | a1 | a2 | a3 | bi/aij |
| M | a1 | 65 | 20 | 15 | 0 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4.33 |
| M | a2 | 80 | 5 | 25 | 0 | 0 | -1 | 0 | 1 | 0 | 3.2 |
| M | a3 | 5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 |
| | Zj | 150M | 26M | 41M | M | -M | -M | M | M | M | |
| | Cj-Zj | | 2-26M | 3-41M | 0.1-M | M | M | 0 | 0 | 0 | |
| M | a1 | 17 | 17 | 0 | 0 | -1 | 3/5 | 1 | -3/5 | 0 | 1 |
| 3 | X2 | 3.2 | 1/5 | 1 | 0 | 0 | -1/25 | 0 | 1/25 | 0 | 16 |
| M | a3 | 9/5 | 4/5 | 0 | 1 | 0 | 1/25 | 0 | -1/25 | 1 | 9/4 |
| | Zj | 9.6+94/5M | 3/5+89/5M | 3 | M | -M | -3/25+16/25 | M | 3/25-16/5M | M | |
| | Cj-Zj | | 7/5-89/5M | 0 | 0.1-M | M | 3/25-16/25M | 0 | -3/25+21/5M | 0 | |
| 2 | X1 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1/17 | 3/85 | 1/17 | -3/85 | 0 | ∞ |
| 3 | X2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1/85 | -4/85 | -1/85 | 4/85 | 0 | ∞ |
| M | a3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 4/85 | 1/85 | -4/85 | -1/85 | 1 | 1 |
| | Zj | 11+M | 2 | 3 | M | - | - | 7/85-4/85M | 6/85-1/85M | M | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------|---|---|-------|--------------|--------------|-------------------|--------------------|-------|--|
| | | | | | | $7/85+4/85M$ | $6/85+1/85M$ | | | | |
| | C_j-Z_j | | 0 | 0 | 0.1-M | $7/85-4/85M$ | $6/85-1/85M$ | - $7/85+89/5M$ | - $6/85+86/85M$ | 0 | |
| 2 | X1 | 1 | 1 | 0 | 0 | -1/17 | 3/85 | 1/17 | -3/85 | 0 | |
| 3 | X2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1/85 | -4/85 | -1/85 | 4/85 | 0 | |
| 0.1 | X3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 4/85 | 1/85 | -4/85 | -1/85 | 1 | |
| | Z_j | 11.1 | 2 | 3 | 0.1 | -66/850 | -59/850 | 66/850 | 59/850 | 0.1 | |
| | C_j-Z_j | | 0 | 0 | 0 | 66/850 | 59/850 | M-66/850 | M-59/850 | M-0.1 | |

Solución: $Z_j= 11.1$; $X_1= 1$; $X_2= 3$; $X_3= 1$

Análisis: El menor costo para preparar las tabletas es de \$ 11.1, produciendo 1 dg de niacina, 3 dg de tiamina y 1 dg de peso.

En relación a las restricciones no existen excesos en la formulación de las tableta

6.9.2.6. Uso de software en la solución de problemas de Programación Lineal

Existen varios software para facilitar la búsqueda de la solución de problemas de programación lineal, entre los que se pueden destacar los siguientes: SOLVER, PROLIN, TORA.

Para la presente investigación se presenta el software SOLVER, para su explicación se ha tomado un ejemplo planteado en internet, cuya auditoria presento a continuación:

Documento original: Ing. Mario René Galindo

Modificado por: Ing. Golfredo Molina (mayo 2009)

http://unamer34.files.wordpress.com/2009/05/solver_excel.pdf

Ejemplo:

FO (MAX) $Z = 10X_1 + 8X_2$ (Ecuación 1)

s.a.

$$30X_1 + 20X_2 \leq 120 \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$2X_1 + 2X_2 \leq 9 \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$4X_1 + 6X_2 \leq 24 \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$X_1, X_2 \geq 0 \quad (\text{Ecuación 5 y 6})$$

Procedimiento básico:

1. Abrir la aplicación Excel

2.- En una hoja, se ubican las celdas que se corresponderán con el valor de las variables de decisión; en este caso, las celdas B6 y C6; se les da un formato para diferenciarlas de las demás, aquí en azul oscuro (ver más abajo).

Se ubican también las celdas que contendrán los coeficientes de las variables de decisión B4 y C4, y se llenan con sus respectivos valores, 10 y 8 (función objetivo). Este último paso se podría omitir y dejar los coeficientes definidos en la celda de la función objetivo, lo cual es mejor para los análisis de sensibilidad y para que la hoja quede utilizable para otro programa.

3.- Se ubica la celda B3 que corresponderá a la función objetivo (celda objetivo). En ella se escribe la función correspondiente, en este caso, la ecuación 1: el coeficiente de X1 (en B4) por el valor actual de X1 (en B6) más el coeficiente de X2 (en C4) por el valor actual de X2 (en C6).

Es decir, se ingresa en B3: =B\$4*\$B\$6 + \$C\$6*\$C\$4 (Ecuación 1)

| | A | B | C | D | E |
|---|--|-----------|-----------|---|---|
| 1 | Ejemplo para la Programación Lineal Continua: | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | Función O. | 0 | | | |
| 4 | | 10 | 8 | | |
| 5 | | X1 | X2 | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |

4.- Coeficientes para la primera restricción se escriben en la misma columna de las variables de decisión; en las celdas B7 y C7, con los valores 30 y 20, seguido del sentido de la desigualdad (\leq) y de su correspondiente RHS: 120

| | A | B | C | D | E |
|---|--|-----------|-----------|--------|-----|
| 1 | Ejemplo para la Programación Lineal Continua: | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | Función O. | 0 | | | |
| 4 | | 10 | 8 | | |
| 5 | | X1 | X2 | | |
| 6 | | | | | RHS |
| 7 | R1 | 30 | 20 | \leq | 120 |

5.- A la derecha (F7) se ubica el valor actual de consumo de la restricción que se escribe en función de las variables de decisión y de los coeficientes de la restricción. Esta celda, la utilizará el SOLVER como real restricción, cuando se le diga que el valor de esta celda no pueda sobrepasar la de su correspondiente RHS (E7). De nuevo será el valor del coeficiente por el de la variable: $=B7*\$B\$6 + C7*\$C\6 (Ecuación 2). Se puede notar que ahora B7 y C7 no tienen el signo \$.

Al no tener el signo \$, permitirá, que luego que se haya escrito esta celda, arrastrar hacia abajo para que EXCEL escriba la formula, pero tomando los valores relativos a los coeficientes que corresponda a los mismos valores de las variables de decisión

| | A | B | C | D | E | F |
|---|--|-----------|-----------|--------|-----|--------------|
| 1 | Ejemplo para la Programación Lineal Continua: | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | Función O. | 0 | | | | |
| 4 | | 10 | 8 | | | |
| 5 | | X1 | X2 | | | |
| 6 | | | | | RHS | Valor Actual |
| 7 | R1 | 30 | 20 | \leq | 120 | 0 |

6.- Se repite los pasos anteriores para las otras restricciones, pero ahora la fórmula será:

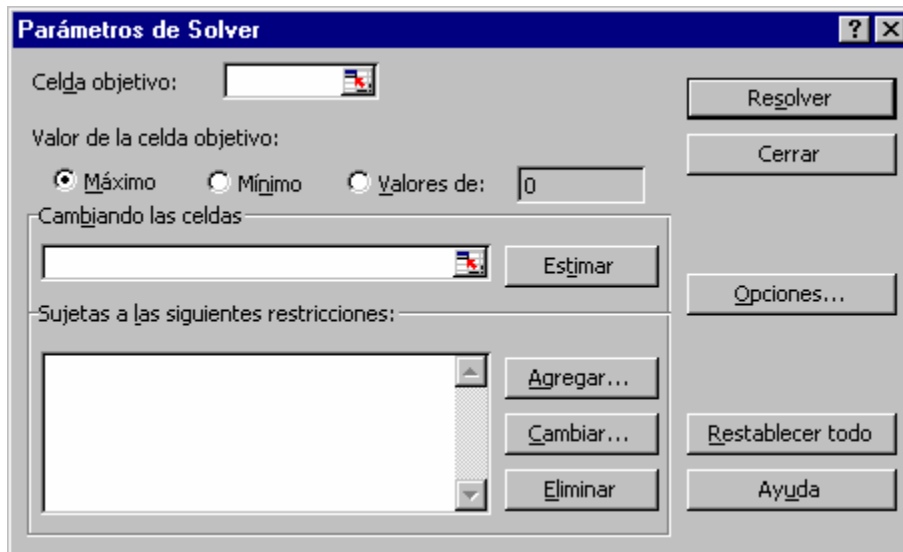
$$=B8*\$B\$6 + C8*\$C\$6 \text{ e } =B9*\$B\$6 + C9*\$C\$6$$

El resto del formato es para que la hoja tenga una mejor presentación

| | A | B | C | D | E | F |
|---|--|-----------|-----------|----|-----|--------------|
| 1 | Ejemplo para la Programación Lineal Continua: | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | Función O. | 0 | | | | |
| 4 | | 10 | 8 | | | |
| 5 | | X1 | X2 | | | |
| 6 | | | | | RHS | Valor Actual |
| 7 | R1 | 30 | 20 | <= | 120 | 0 |
| 8 | R2 | 2 | 2 | <= | 9 | 0 |
| 9 | R3 | 4 | 6 | <= | 24 | 0 |

RESOLUCION

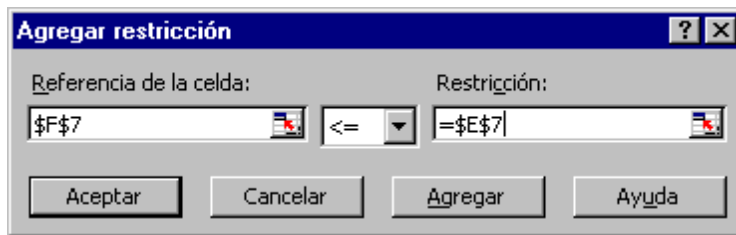
- Hacer clic en Herramientas>SOLVER y se tendrá una pantalla como la siguiente:



- Lo primero que hay que hacer es especificar la celda objetivo y el propósito: (maximizar o minimizar), en este caso, es maximizar. Se escribe B3.
- En el recuadro “cambiando celdas”, se hace un clic en la flechita roja, para poder tomar el rango o celdas B6 y C6; es exactamente lo mismo si se escriben directamente los nombres. Maximizar, en este caso, o minimizar.



- Para ingresar las restricciones se hace clic en agregar. Cada restricción obtenida por fórmula se la ubica en el recuadro de la izquierda, tal como se observa F7 en la pantalla, que corresponde a la primera restricción, inmediatamente se especifica el sentido de la limitación, esto es, \leq , \geq ó $=$, se añade la restricción real del problema, que en este caso es 120 horas de recurso, que está ubicada en el recuadro de la derecha, y que se encuentra representada por la celda E7 en la pantalla, y finalmente se presiona aceptar.



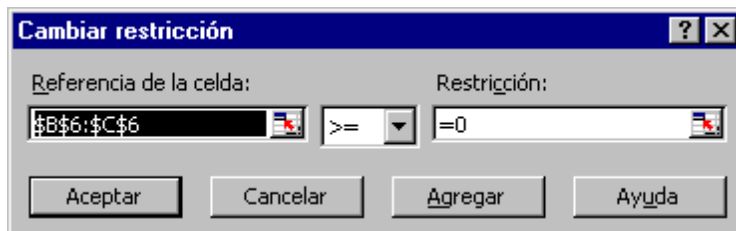
- Se obtiene el siguiente resultado:



- Se repite el paso anterior para las otras dos restricciones.



- La restricción lógica, que corresponde a la condición de no negatividad, se la ingresa manualmente, como se observa en la pantalla:



- El cuadro de diálogo, una vez, ingresados toda la información queda expresada de la siguiente manera:



- Finalmente, se hace clic en el ícono **Resolver**, y los resultados se observan en las celdas asignadas como variables de decisión y de la función objetivo.
- Este procedimiento, utilizando la opción SOLVER de Excel, presenta una secuencia de pasos un poco larga con relación a otros software de programación lineal, sin embargo tiene la ventaja de que permite efectuar en la misma hoja, en análisis de sensibilidad, si éste es requerido.

Para observar los cambios a obtener en la hoja electrónica, se plantea a continuación el siguiente ejemplo:

Modelo Matemático:

$$\text{FO (MAX): } Z = 30X_1 + 20X_2$$

s.a:

$$30X_1 + 15X_2 \leq 15000$$

$$10X_1 + 10X_2 \leq 9000$$

$$12X_1 + 10X_2 \leq 7000$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

B13 fx =B5*\$B\$9

Libro1

| | A | B | C | D | E | F |
|----|-----|-------|------|---|-------|----|
| 1 | | X1 | X2 | | | |
| 2 | FO | 30 | 20 | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | s.a | 30 | 15 ≤ | | 15000 | |
| 5 | | 10 | 10 ≤ | | 9000 | |
| 6 | | 12 | 10 ≤ | | 7000 | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | 375 | 250 | | 16250 | FO |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | 11250 | 3750 | | 15000 | |
| 13 | | 3750 | 2500 | | 6250 | |
| 14 | | 4500 | 2500 | | 7000 | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 21 | | | | | | |
| 22 | | | | | | |
| 23 | | | | | | |

Hoja1 Hoja2 Hoja3

6.9.2.7. Evaluación:

- 1.- ¿Qué es programación lineal?
- 2.- ¿Qué diferencias encontraría en la aplicación del método simplex, en problemas relacionados a maximización y minimización?
- 3.- ¿Cuáles son los requisitos fundamentales de la programación lineal?
- 4.- ¿Para problemas con dos variables de decisión qué métodos se pueden utilizar?
- 5.- ¿Enumere software que pueden usarse en la resolución de problemas de programación lineal?
- 6.- ¿Qué ventaja tiene el software SOLVER con relación a otros software?

6.9.2.8. Ejercicios y problemas:

A.- Resuelva gráficamente y algebraicamente los siguientes problemas de programación lineal:

1.- FO (MAX) $Z = 5X_1 + 3X_2$

s.a.:

$$4X_1 + 4X_2 \leq 48$$
$$X_1 + 2X_2 \leq 20$$
$$X_2 \geq 2$$
$$X_1, X_2 \geq 0$$

2.- FO (MAX) $Z = 2.5X_1 + 3X_2$

s.a:

$$0.2X_1 \leq 6000$$
$$0.5X_1 + 0.4X_2 \leq 20000$$
$$0.3X_1 + 0.6X_2 \leq 18000$$
$$X_1, X_2 \geq 0$$

3.- FO (MIN) $Z = 5X_1 + 8X_2$
s.a.: $4X_1 + 10X_2 \geq 40$
 $10X_1 + 5X_2 \geq 50$
 $7X_1 + 7X_2 \geq 49$
 $X_1, X_2 \geq 0$

B.- Resuelva los siguientes problemas por el método simplex y computacional

1.- Una empresa fabrica dos productos A y B, que para su elaboración pasan por tres departamentos. Las capacidades mensuales son las siguientes:

| Departamentos | Requerimientos unitarios de tiempo (Horas) | | |
|---------------|--|------------|--------------------------------------|
| | Producto A | Producto B | Horas disponibles en el presente mes |
| Dpto. 1 | 8 | 4 | 3200 |
| Dpto. 2 | 5 | 2 | 2400 |
| Dpto. 3 | 9 | 3 | 3200 |

La contribución del producto A es de \$ 80 por unidad, y la del producto B es de \$ 20 por unidad. Determine la cantidad de productos A y B, que debe vender para maximizar sus utilidades.

2- Una funda de fertilizantes debe contener por lo menos 36 onzas de nutriente A, 24 onzas de nutriente B y 36 onzas de nutriente C; se desea mezclar este fertilizante a partir de 2 ingredientes. El primer ingrediente cuesta \$ 20 por libra, y cada libra contiene 4 onzas de nutriente A, 8 onzas de nutriente B y 6 onzas de nutriente C; el segundo ingrediente cuesta \$ 10 la libra, y cada libra contiene 6 onzas de nutriente A, 2 onzas de nutriente B y 4 onzas de nutriente C. ¿Cuántas libras de cada ingrediente se debe mezclar para minimizar el costo de la funda de fertilizante y al mismo tiempo cumplir con los requerimientos de nutrición?.

6.9.2.9. Glosario

Modelo matemático: Representación de un problema en la que el objetivo y todas las condiciones de restricción se describen mediante expresiones matemáticas

Programación lineal: Modelo matemático que tiene una función objetivo un conjunto de restricciones lineales y variables no negativas

Variables de holgura: Variable que se añade al lado izquierdo de una restricción de menor que o igual a, para convertirla en una igualdad. El valor de esa variable puede interpretarse como la cantidad que no se utiliza de un recurso

Variables de excedente: Variable que se resta del lado izquierdo de una restricción de mayor que o igual a, para convertirla en una igualdad. Este valor puede interpretarse como la cantidad que sobrepasa algún nivel mínimo requerido

6.9.3. MODELO DE TRANSPORTE Y ASIGNACION

OBJETIVO.- Proponer en forma cuantitativa acciones o decisiones a tomar que minimicen los sistemas de transporte y asignación de tareas.

6.9.3.1. Aspectos relevantes del Modelo de Transporte

El modelo de transporte es un modelo especial de programación lineal, que busca minimizar los costos relacionados con el sistema de comercialización de un bien o servicio, es decir, minimiza los costos de transporte desde dos o más orígenes hasta dos o más destinos. Como técnica de programación lineal, su planteamiento está asociado a condiciones de linealidad.

Las características principales del modelo lineal de transporte son.

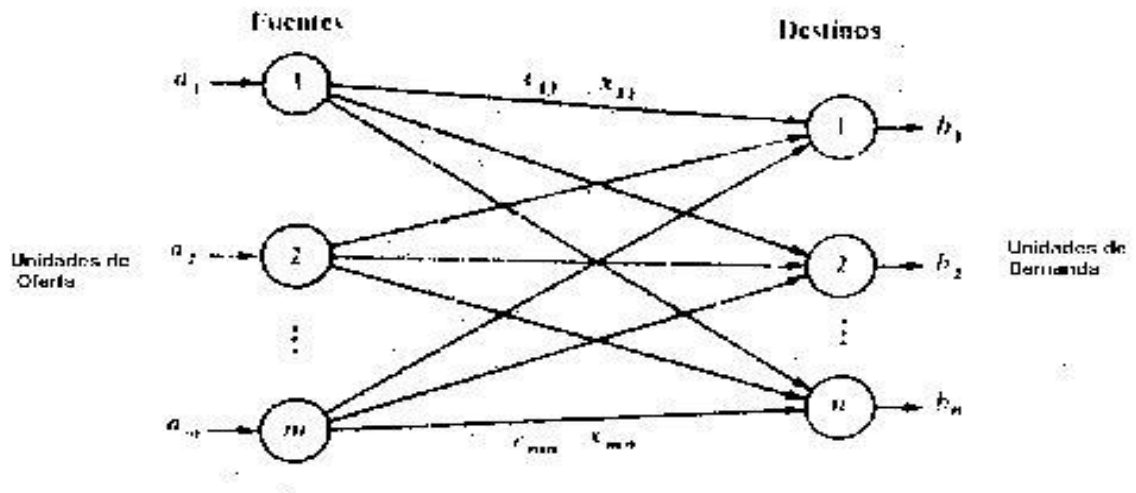
- El producto a transportar es sólo uno y homogéneo
- Las cantidades ofertadas por las fábricas o empresas deben ser iguales a las cantidades demandadas por los clientes
- Los coeficientes de las variables de decisión en las restricciones son uno o cero
- Para la formulación y construcción del modelo utiliza la metodología propuesta por la Investigación de Operaciones
- Las soluciones factibles a encontrarse en la resolución de problemas de transporte está dada por la expresión: $m + n - 1$, donde m corresponde al número de filas, orígenes u ofertas y n constituyen el número de columnas, destinos o demanda.

Los problemas de transporte pueden ser balanceados o desbalanceados, y de de tipo degenerado. Es balanceado cuando las ofertas son iguales a la demanda, desbalanceado cuando la oferta es diferente a la demanda, teniendo que balancear el modelo con filas o columnas ficticias, en tanto que las de tipo degenerado se

producen cuando el número de soluciones factibles es diferente a la de la expresión: $m + n - 1$, en estos casos hay que utilizar ciertos artificios.

Para el caso de la investigación se presentan casos de problemas de transporte balanceados, de tal manera que el estudiante busque información sobre los otros casos y reforzar en clase.

La suposición básica del modelo es que el costo del transporte en una ruta es directamente proporcional al número de unidades transportadas. La definición de “unidad de transporte” variará dependiendo de la “mercancía” que se transporte.



El esquema siguiente representa el modelo de transporte como una red con m fuentes y n destinos. Una fuente o un destino está representado por un nodo, el arco que une una fuente y un destino representan la ruta por la cual se transporta la mercancía. La cantidad de la oferta en la fuente i es a_i , y la demanda en el destino j es b_j . El costo de transporte unitario entre la fuente i y el destino j es C_{ij} .

Si X_{ij} representa la cantidad transportada desde la fuente i al destino j , entonces, el modelo general de PL que representa el modelo de transporte es:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_1^m i \sum_1^n j C_{ij} X_{ij} \quad \text{ó}$$

$$Z = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \dots + C_{1n} X_{1n} + \dots + C_{21}X_{21} + C_{22}X_{22} + \dots + C_{2n}X_{2n} + \dots + C_{mn}X_{mn}$$

Sujeta a:

$$\left. \begin{aligned} X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} &\leq O_1 \\ X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2n} &\leq O_2 \\ \cdot &\quad \cdot \\ X_{m1} + X_{m2} + \dots + X_{mn} &\leq O_m \end{aligned} \right\} \text{Restricciones de oferta}$$

$$\left. \begin{aligned} X_{11} + X_{21} + \dots + X_{m1} &= D_1 \\ X_{12} + X_{22} + \dots + X_{m2} &= D_2 \\ \cdot &\quad \cdot \\ X_{1n} + X_{2n} + \dots + X_{mn} &= D_m \end{aligned} \right\} \text{Restricciones de demanda}$$

$$X_{ij} \geq 0 \text{ para todas las } i \text{ y } j$$

El primer conjunto de restricciones estipula que la suma de los envíos desde una fuente no puede ser mayor que su oferta; en forma análoga, el segundo conjunto requiere que la suma de los envíos a un destino satisfaga su demanda.

Como se indicó anteriormente, el modelo que se acaba de escribir implica que la oferta total $\sum_{i=1}^m a_i$ debe ser cuando menos igual a la demanda total $\sum_{j=1}^n b_j$. Cuando la oferta total es igual a la demanda total, la formulación resultante recibe el nombre

de modelo de transporte equilibrado. Este difiere del modelo solo en el hecho de que todas las restricciones son ecuaciones, es decir:

$$\sum X_{ij} = a_i, \quad i=1,2,\dots, m$$

$$\sum X_{ij} = b_j, \quad j=1,2,\dots, n$$

En el mundo real, no necesariamente la oferta debe ser igual a la demanda o mayor que ella. Sin embargo, un modelo de transporte siempre puede equilibrarse. El equilibrio, además de su utilidad en la representación a través de modelos de ciertas situaciones prácticas, es importante para el desarrollo del método de solución que explote completamente la estructura especial del modelo de transporte. Los dos ejemplos que siguen presentan la idea del equilibrio y también sus implicaciones prácticas.

6.9.3.2. Métodos de Modelo de Transporte

Para la resolución de problemas de transporte, existen varios métodos, entre los que se puede señalar los siguientes:

- Algoritmo del cruce del arroyo con su técnica de la esquina del noroeste
- Algoritmo del costo mínimo
- Algoritmo de Vogel
- Software: SOLVER e INVOP

Para llevar a cabo la propuesta se desarrollará el método del algoritmo del cruce del arroyo con su técnica de la esquina del noroeste.

6.9.3.3. Método del Cruce del Arroyo

Los requerimientos del algoritmo cruce del arroyo son:

- 1.- El suministro u oferta total en los orígenes debe ser igual a la demanda total en los destinos, de no ser igual se debe balancear con filas o columnas ficticias.
- 2.- Dado un problema de transporte con m orígenes y n destinos, el número de variables básicas en cualquier solución dada debe ser igual a: $m + n - 1$.
- 3.- Este método utiliza la técnica de la esquina del noroeste para tener una solución inicial
- 4.- La esquina del noroeste es un proceso sistemático, el cual es necesario iniciar en el cuadro superior izquierdo de la matriz elaborada y asignar unidades a las rutas de embarque.

Para la explicación del método del cruce del arroyo para solucionar problemas de transporte de programación lineal, se empleará un ejemplo.

Ejemplo:

La empresa Bebidas Refrescantes, elabora jugo de naranja como uno sus productos, en tres plantas A, B y C. Este producto se transporta a tres tiendas mayoristas localizadas en tres ciudades del país 1, 2 y 3, para su posterior distribución. Los costos de transporte por paquete de jugo de naranja (cada paquete de 24 unidades), las ofertas de cada planta y la demanda de cada ciudad, se indican en la siguiente tabla:

| | Destinos: Ciudades | | | |
|----------------------|---|-----|----|--------|
| | Costos unitarios por paquete de jugo de naranja de 24 unidades (\$/paquete) | | | |
| Orígenes: Plantas | 1 | 2 | 3 | Oferta |
| A | 5 | 10 | 10 | 55 |
| B | 20 | 30 | 20 | 80 |
| C | 10 | 20 | 30 | 75 |
| Demanda | 70 | 100 | 40 | 210 |

Determine la cantidad de paquetes de jugo que deben ser enviados desde cada planta a cada destino, para minimizar el costo de transporte.

Para resolver el problema de transporte, se sigue la metodología de la Investigación de Operaciones para formular y construir el modelo matemático, de la siguiente manera:

- Identificar las variables de decisión:
 X_{ij} = paquetes de jugo de naranja a transportar (producto homogéneo)
- Identificación de la función objetivo:

$$\text{FO (MIN) } Z = 5X_{A1} + 10X_{A2} + 10X_{A3} + 20X_{B1} + 30X_{B2} + 20X_{B3} + 10X_{C1} + 20X_{C2} + 30X_{C3}$$

- Identificación de las restricciones.

s.a.:

Restricciones de oferta:

$$X_{A1} + X_{A2} + X_{A3} \leq 55$$

$$X_{B1} + X_{B2} + X_{B3} \leq 80$$

$$X_{C1} + X_{C2} + X_{C3} \leq 75$$

Restricciones de demanda:

$$X_{A1} + X_{B1} + X_{C1} = 70$$

$$X_{A2} + X_{B2} + X_{C2} = 100$$

$$X_{A3} + X_{B3} + X_{C3} = 40$$

Restricción Lógica (no negatividad):

$$X_{A1}, X_{A2}, X_{A3}, X_{B1}, X_{B2}, X_{B3}, X_{C1}, X_{C2}, X_{C3} \geq 0$$

RESOLUCION DEL MODELO MEDIANTE EL ALGORITMO DEL CRUCE DEL ARROYO

Procedimiento:

- Estructurar la matriz de transporte balanceada (Oferta=Demanda)

| | Destino: Ciudades | | | |
|--------------------|-------------------|-----|----|--------|
| Origen: Plantas | 1 | 2 | 3 | Oferta |
| A | 5 | 10 | 10 | 55 |
| B | 20 | 30 | 20 | 80 |
| C | 10 | 20 | 30 | 75 |
| Demanda | 70 | 100 | 40 | 210 |

La oferta y la demanda suman 210 paquetes de jugo de naranja

- Iniciar envíos en la esquina del noroeste

| | Destino: Ciudades | | | | |
|--------------------|-------------------|-----|----|--------|-----|
| Origen: Plantas | 1 | 2 | 3 | Oferta | |
| A | 55 | 5 | 10 | 10 | 55 |
| B | | 20 | 30 | 20 | 80 |
| C | | 10 | 20 | 30 | 75 |
| Demanda | 70 | 100 | 40 | | 210 |

- Terminar la oferta (capacidad del origen) de cada fila antes de moverse hacia siguiente fila y terminar los requerimientos de las ciudades (demandas de los destinos) de cada columna antes de moverse a la siguiente columna.

| | Destino: Ciudades | | | | |
|--------------------|-------------------|-----|----|--------|-----|
| Origen: Plantas | 1 | 2 | 3 | Oferta | |
| A | 55 | 5 | 10 | 10 | 55 |
| B | 15 | 20 | 65 | 20 | 80 |
| C | | 10 | 35 | 40 | 75 |
| Demanda | 70 | 100 | 40 | | 210 |

- Verificar que todas las ofertas y demandas se hayan cumplido
- Aplicando $m + n - 1$: se verifica el número de variables básicas señaladas con círculos

- Calcular el valor de Z, utilizando la función objetivo.

$$Z = 55 \cdot 5 + 15 \cdot 20 + 65 \cdot 30 + 35 \cdot 20 + 40 \cdot 30 = \$ 4425$$
- Analizar los casilleros vacíos, mediante el algoritmo del cruce del arroyo, para definir si se puede optimizar.

Pasos para la aplicación del algoritmo:

Paso No. 1: Determinar el índice de mejoramiento para cada variable no básica (casilleros vacíos).

Análisis del casillero vacío A-2:

- Se traza una trayectoria cerrada: empieza en el casillero vacío (A2), moviéndose de manera alternada en direcciones horizontal y vertical, girando o pivoteando sólo en los casilleros llenos, la trayectoria termina en el casillero vacío del que se inició.
- Se asigna un +1 al casillero desocupado y a los puntos de esquina subsiguientes sobre la trayectoria se les asigna alternativamente valores de -1 y +1.
- Los signos de más y de menos indican los ajustes necesarios para satisfacer los requerimientos de fila (oferta) y columna (demanda).
- Identificada la trayectoria del casillero vacío, se calcula el índice de mejoramiento de ese casillero, sumando todos los coeficientes de función objetivo para los casilleros en las posiciones con signo más sobre la trayectoria y restando los correspondientes coeficientes de función objetivo para los casilleros en las posiciones con signo menos sobre la trayectoria

Trayectoria cerrada y ajustes al casillero A2:

| | Destino: Ciudades | | | |
|--------------------|-------------------|-----|----|--------|
| Origen: Plantas | 1 | 2 | 3 | Oferta |
| A | 5 | 10 | 10 | 55 |
| B | 20 | 30 | 20 | 80 |
| C | 10 | 20 | 30 | 75 |
| Demanda | 70 | 100 | 40 | 210 |

Diagrama de trayectoria cerrada y ajustes:

- Arroja 55 unidades de la oferta de A a la demanda de 1 (celda A1).
- Arroja 15 unidades de la oferta de B a la demanda de 1 (celda B1).
- Arroja 65 unidades de la oferta de B a la demanda de 2 (celda B2).
- Arroja 35 unidades de la oferta de C a la demanda de 2 (celda C2).
- Arroja 40 unidades de la oferta de C a la demanda de 3 (celda C3).
- Arroja 10 unidades de la oferta de A a la demanda de 3 (celda A3).
- Arroja 20 unidades de la oferta de B a la demanda de 3 (celda B3).
- Arroja 20 unidades de la oferta de C a la demanda de 3 (celda C3).

Indicadores de ajuste:

- En la columna 1: -1 (de A a B), +1 (de B a A).
- En la columna 2: +1 (de B a C), -1 (de C a B).
- En la columna 3: +1 (de A a B), -1 (de B a A).

$$\text{Índice de mejoramiento: } 1 \cdot 10 - 1 \cdot 5 + 1 \cdot 20 - 1 \cdot 30 = -5$$

Análisis del casillero A3:

| | Destino: Ciudades | | | |
|--------------------|-------------------|-----|----|--------|
| Origen: Plantas | 1 | 2 | 3 | Oferta |
| A | 5 | 10 | 10 | 55 |
| B | 20 | 30 | 20 | 80 |
| C | 10 | 20 | 30 | 75 |
| Demanda | 70 | 100 | 40 | 210 |

Diagrama de trayectoria cerrada y ajustes:

- Arroja 55 unidades de la oferta de A a la demanda de 1 (celda A1).
- Arroja 15 unidades de la oferta de B a la demanda de 1 (celda B1).
- Arroja 65 unidades de la oferta de B a la demanda de 2 (celda B2).
- Arroja 35 unidades de la oferta de C a la demanda de 2 (celda C2).
- Arroja 40 unidades de la oferta de C a la demanda de 3 (celda C3).
- Arroja 10 unidades de la oferta de A a la demanda de 3 (celda A3).
- Arroja 20 unidades de la oferta de B a la demanda de 3 (celda B3).
- Arroja 20 unidades de la oferta de C a la demanda de 3 (celda C3).

Indicadores de ajuste:

- En la columna 1: -1 (de A a B), +1 (de B a A).
- En la columna 2: +1 (de B a C), -1 (de C a B).
- En la columna 3: +1 (de A a B), -1 (de B a A).

$$\text{Índice de mejoramiento: } 1 \cdot 10 - 1 \cdot 5 + 1 \cdot 20 - 1 \cdot 30 + 1 \cdot 20 - 1 \cdot 30 = -15$$

Análisis del casillero B3:

| | Destino: Ciudades | | | | | | |
|--------------------|-------------------|-----|-------|--------|-------|----|----|
| Origen: Plantas | 1 | 2 | 3 | Oferta | | | |
| A | 55 | 5 | 10 | 10 | 55 | | |
| B | 15 | 20 | 65 -1 | 30 | 20 | 80 | |
| C | | 10 | 35 +1 | 20 | 40 -1 | 30 | 75 |
| Demanda | 70 | 100 | 40 | | 210 | | |

Índice de mejoramiento: $1 \cdot 20 - 1 \cdot 30 + 1 \cdot 20 - 1 \cdot 30 = -20$

Análisis del casillero C1:

| | Destino: Ciudades | | | | | | |
|--------------------|-------------------|-----|-------|--------|-------|----|----|
| Origen: Plantas | 1 | 2 | 3 | Oferta | | | |
| A | 55 | 5 | 10 | 10 | 55 | | |
| B | 15 -1 | 20 | 65 +1 | 30 | 20 | 80 | |
| C | +1 | 10 | 35 -1 | 20 | 40 -1 | 30 | 75 |
| Demanda | 70 | 100 | 40 | | 210 | | |

Índice de mejoramiento: $1 \cdot 10 - 1 \cdot 20 + 1 \cdot 30 - 1 \cdot 20 = 0$

Paso No. 2: Determinar cual casillero (variable) debería entrar en la base

Como se está minimizando costos, el casillero a optimizar será aquel que el índice de mejoramiento con el valor más negativo, en el ejemplo el casillero B3.

Paso No. 3: Determinar la variable que sale y el número de paquetes de jugo a asignar para la variable que entra.

Se regresa a la trayectoria del casillero a optimizar, en este caso del casillero B3. En la trayectoria se observa que sólo dos variables disminuyen su valor a medida que se asigna unidades adicionales a B3, estos casilleros son: B2 y C3, con valores de 65 y 40.

Se opta por escoger el menor valor (40) y se le asigna esta cantidad al casillero B3, quedando la nueva matriz de la siguiente manera:

| | Destino: Ciudades | | | |
|--------------------|-------------------|-----|----|--------|
| Origen: Plantas | 1 | 2 | 3 | Oferta |
| A | 5 | 10 | 10 | 55 |
| B | 20 | 30 | 20 | 80 |
| C | 10 | 20 | 30 | 75 |
| Demanda | 70 | 100 | 40 | 210 |

Paso No. 4: Se obtiene la nueva solución y se regresa al paso 1

Nueva solución:

$$Z = 55 \cdot 5 + 15 \cdot 20 + 25 \cdot 30 + 75 \cdot 20 + 40 \cdot 20 = \$ 3625$$

Análisis de casilleros vacíos

Analizando los nuevos casilleros vacíos se obtienen los siguientes índices de mejoramiento:

Casillero A2: -5

Casillero A3: 5

Casillero C1: 0

Casillero C3: 20

El casillero a optimizar es el A2, por lo que observando su trayectoria cerrada, corresponde asignarle el valor de 25, quedando la nueva matriz de la siguiente manera:

| | Destino: Ciudades | | | |
|--------------------|-------------------|-----|----|--------|
| Origen: Plantas | 1 | 2 | 3 | Oferta |
| A | 30 | 25 | 10 | 55 |
| B | 40 | | 40 | 80 |
| C | | 75 | | 75 |
| Demanda | 70 | 100 | 40 | 210 |

Se obtiene la nueva solución:

$$Z = 30 \cdot 5 + 25 \cdot 10 + 40 \cdot 20 + 40 \cdot 20 + 75 \cdot 20 = 3500$$

Para determinar si se ha llegado a un óptimo hay que analizar casilleros vacíos, empezando en el paso 1. Se llegará a un óptimo cuando al analizar los casilleros vacíos, mediante los índices de mejoramiento, estos no tengan valores negativos.

Análisis de casilleros vacíos:

Casillero A3: 5

Casillero B2: 5

Casillero C1: -15 (casillero a optimizar)

Casillero C3: 15

La nueva matriz asignando 30 paquetes de jugo al casillero C3 será:

| | Destino: Ciudades | | | |
|--------------------|-------------------|-----|----|--------|
| Origen: Plantas | 1 | 2 | 3 | Oferta |
| A | 5 | 10 | 10 | 55 |
| B | 20 | 30 | 20 | 80 |
| C | 10 | 20 | 30 | 75 |
| Demanda | 70 | 100 | 40 | 210 |

$$Z = 55 \cdot 10 + 40 \cdot 20 + 40 \cdot 20 + 30 \cdot 10 + 45 \cdot 20 = 3350$$

Se analiza casilleros vacíos:

Casillero A1: 5

Casillero A3: 10

Casillero B2: 0

Casillero C3: 20

De los valores obtenidos en el análisis de los casilleros vacíos, se observa que no existen ya números negativos en el índice de mejoramiento, por lo tanto, se ha llegado a una solución óptima, cuyos resultados se expresan a continuación:

FO (MIN) $Z= 3350$

Envíos de cada planta (origen) a cada ciudad(destino) serán los siguientes.

De planta A a ciudad 2 (A2): 55 paquetes de jugo de naranja

De planta B a ciudad 1 (B1): 40 paquetes de jugo

De planta B a ciudad 3 (B3): 40 paquetes de jugo

De planta C a ciudad 1 (C1): 30 paquetes de jugo

De planta C a ciudad 2 (C2): 45 paquetes de jugo

6.9.3.4. Aspectos relevantes del Modelo de Asignación

Es un caso especial del modelo de transporte y de programación lineal, este modelo es útil cuando hay que asignar n recursos a n tareas.

Para que el modelo tenga éxito debe cumplir con las siguientes suposiciones:

Suposicion1: Cada recurso o fuente se asigna exclusivamente a una tarea

Suposicion2: A cada tarea se le asigna exactamente un recurso

Suposicion3: Para propósitos de solución, el número de recursos disponibles para la asignación debe ser igual al número de tareas que deben ejecutarse

Además para aplicar el método húngaro que se indicará posteriormente, se requiere estructurar una matriz cuadrada $n \times n$, donde n es el número de recursos y n el número de tareas. De haber más recursos que tareas o viceversa, será necesario aumentar filas (recursos) o columnas (tareas) ficticias con la finalidad de estructurar una matriz cuadrada.

Si

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el recurso } i \text{ es asignado a la tarea } j \\ 0 & \text{si el recurso } i \text{ no es asignado a la tarea } j \end{cases}$$

C_{ij} = Contribución de la función objetivo si el recurso i se asigna a la tarea j

n = Número de recursos y de tareas

El modelo matemático de un problema de asignación es la siguiente.

$$\text{FO (MIN) } Z = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \dots + C_{1n}X_{1n} + C_{2n}X_{2n} + \dots + C_{nn}X_{nn}$$

Sujeto a:

$$\begin{array}{r} X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} \\ \\ X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2n} \\ \\ \dots \\ \\ X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{nn} = 1 \end{array} \left. \begin{array}{l} = 1 \\ = 1 \\ \\ \\ = 1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Cada recurso} \\ \text{asignado a} \\ \\ \\ \text{tarea} \end{array}$$

una

$$\begin{array}{r} X_{11} + \quad \quad X_{12} + \dots \quad \quad + X_{n1} \\ \quad \quad X_{12} + \quad \quad X_{22} + \dots \quad \quad + X_{n2} \\ \quad \quad \cdot \quad \quad \cdot \quad \quad \cdot \\ \quad \quad \cdot \quad \quad \cdot \quad \quad \cdot \\ \quad \quad X_{1n} + \quad \quad X_{2n} + \dots \quad \quad + X_{nn} \end{array} \left. \begin{array}{l} = 1 \\ = 1 \\ \\ \\ = 1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Cada tarea} \\ \text{asignada} \\ \\ \\ \text{a un recurso} \end{array}$$

$$X_{ij} = 0 \text{ ó } 1 \text{ para todas las } i \text{ ó } j$$

6.9.3.5. Método Húngaro

Un problema de asignación es un problema de transporte balanceado, en el cual todas las ofertas y todas las demandas son iguales a uno, o en la cual todos los recursos y todas las tareas son iguales a uno. Se puede resolver eficientemente un problema de asignación $n \times n$ mediante el método Húngaro:

La explicación del método se lo hará mediante el desarrollo de un ejemplo.

Ejemplo:

Un director de ventas se encuentra en el proceso de programar cuatro visitas a clientes potenciales. Se tienen disponibles a cuatro agentes vendedores para ser asignados, uno a cada cliente. La información con que cuenta el director de ventas con relación a los costos por día (\$), que representarían cada vendedor al visitar a cada cliente se expresa en la tabla siguiente:

| | Clientes | | | |
|------------|----------|----|----|----|
| Vendedores | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 14 | 13 | 17 | 14 |
| 2 | 16 | 15 | 16 | 15 |
| 3 | 18 | 14 | 20 | 17 |
| 4 | 20 | 13 | 15 | 18 |

¿Cuál debería ser la asignación que el director de ventas daría a cada vendedor, para minimizar los costos de movilización diaria?

Antes de proceder a buscar una solución mediante el método húngaro hay que estructurar la matriz:

La matriz a desarrollar es una matriz cuadrada 4 x 4:

| | Clientes | | | |
|------------|----------|----|----|----|
| Vendedores | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 14 | 13 | 17 | 14 |
| 2 | 16 | 15 | 16 | 15 |
| 3 | 18 | 14 | 20 | 17 |
| 4 | 20 | 13 | 15 | 18 |

Procedimiento de Solución:

Paso 1.- Empiece por encontrar el elemento más pequeño en cada fila de la matriz de costos. Construya una nueva matriz, al restar de cada costo, el costo mínimo de su fila.

| | Clientes | | | |
|------------|----------|---|---|---|
| Vendedores | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 1 | 0 | 4 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 3 | 4 | 0 | 6 | 3 |
| 4 | 7 | 0 | 2 | 5 |

De la matriz encontrada, busque el menor valor de cada columna y reste este valor a cada elemento de su columna correspondiente, obteniendo una nueva matriz denominada de costo de oportunidad (costos reducidos).

| | Clientes | | | |
|------------|----------|---|---|---|
| Vendedores | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 3 | 0 | 5 | 3 |
| 4 | 6 | 0 | 1 | 5 |

Paso 2.- Dibuje el mínimo número de líneas (horizontales o verticales) que se necesitan para cubrir todos los ceros en la matriz de costos reducidos. Si el número de líneas trazadas es igual al número de filas o columnas de la matriz se llegará a un óptimo, de no ser así se continua al paso 3.

| | Clientes | | | |
|------------|----------|-------|-------|-------|
| Vendedores | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | — 0 — | — 0 — | — 3 — | — 1 — |
| 2 | — 0 — | — 0 — | — 0 — | — 0 — |
| 3 | 3 | 0 | 5 | 3 |
| 4 | 6 | 0 | 1 | 5 |

Paso 3.- Encuentre el menor elemento no cero (que denominaremos k), en la matriz de costos reducidos, que no está cubierto por las líneas dibujadas en el paso 2. Ahora reste k (en el ejemplo k= 1), de cada elemento no cubierto de la matriz de costos reducidos y sume k a cada elemento de la matriz de costos reducidos cubierto por dos líneas (intersecciones), y regrese al paso 2.

La nueva matriz encontrada es:

| | Clientes | | | |
|------------|----------|---|---|---|
| Vendedores | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 1 | 3 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 0 | 4 | 2 |
| 4 | 5 | 0 | 0 | 4 |

Repitiendo el paso 2, se tiene:

| | Clientes | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Vendedores | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 1 | 3 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 0 | 4 | 2 |
| 4 | 5 | 0 | 0 | 4 |

El número de líneas trazadas es igual al número de filas o columnas, por lo tanto se ha llegado a un óptimo, sin embargo observando la tabla no se podría realizar una adecuada asignación.

Un procedimiento para identificar las asignaciones es seleccionar una fila o una columna en donde haya sólo un cero, y hacer la asignación a esa casilla.

Aplicando el procedimiento a la matriz óptima, se tiene lo siguiente:

a.- Existe un solo cero en la columna 4, de modo que la primera asignación es el vendedor 2 al cliente 4. Como ha sido asignada la fila 2 y columna 4, se procede a tacharlas.

| | Clientes | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Vendedores | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 1 | 3 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 0 | 4 | 2 |
| 4 | 5 | 0 | 0 | 4 |

b.- Tachados fila 2 y columna 4, se busca una fila o columna donde haya un cero, observando que existe un cero en la columna 1, por lo que se procede a tachar fila 1 y la columna 1, lo que indica que al vendedor se le ha asignado al cliente 1.

| | Clientes | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Vendedores | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 1 | 3 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 0 | 4 | 2 |
| 4 | 5 | 0 | 0 | 4 |

c.- Se busca fila o columna donde haya un cero, y se observa que existe uno en la fila 3, entonces, se tacha fila 3 y columna 2, lo que indica que al vendedor 3 se le ha asignado al cliente 2.

| | Clientes | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Vendedores | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 1 | 3 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 0 | 4 | 2 |
| 4 | 5 | 0 | 0 | 4 |

d.- Finalmente se asigna al vendedor 4 al cliente 3, pues existe un solo cero en la fila 4, se procede a tachar la fila con su correspondiente columna..

| | Clientes | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Vendedores | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0 | 1 | 3 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 0 | 4 | 2 |
| 4 | 5 | 0 | 0 | 4 |

Las asignaciones finales se indican a continuación.

| <u>Asignaciones finales</u> | <u>Costo (\$)</u> |
|-------------------------------|-------------------|
| Vendedor 1 – Cliente 1 | 14 |
| Vendedor 2 – Cliente 4 | 15 |
| Vendedor 3 – Cliente 2 | 14 |
| <u>Vendedor 4 – Cliente 3</u> | <u>15</u> |
| Total costo: | 58 |

6.9.3.6. Uso de software en la solución de problemas de Transporte y Asignación

Los software útiles para resolver tanto el problema de transporte y asignación son el SOLVER y el INVOP.

En la propuesta se presenta el software SOLVER. El procedimiento para solucionar el método SOLVER es igual al utilizado para problemas de programación lineal, por lo que se procederá a indicar los resultados de los problemas de transporte y asignación desarrollados en los ejemplos anteriores, de este capítulo, mediante este software.

Problema de transporte:

| | A | B | C | D | E |
|----|--------------------|-----|-----|----|--------|
| 1 | destinos: ciudades | 1 | 2 | 3 | |
| 2 | origenes: plantas | | | | Oferta |
| 3 | A | 5 | 10 | 10 | 55 |
| 4 | B | 20 | 30 | 20 | 80 |
| 5 | C | 10 | 20 | 30 | 75 |
| 6 | Demanda | 70 | 100 | 40 | 210 |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | fo= | 155 | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | destinos: ciudades | 1 | 2 | 3 | |
| 12 | origenes: plantas | | | | Oferta |
| 13 | A | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 14 | B | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 15 | C | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 16 | Demanda | 3 | 3 | 3 | 9 |

Resolución:

| | | | | | |
|----|--------------------|---------|------|----|--------|
| 9 | | $f_o =$ | 3350 | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | destinos: ciudades | 1 | 2 | 3 | |
| 12 | origenes: plantas | | | | Oferta |
| 13 | A | 0 | 55 | 0 | 3 |
| 14 | B | 40 | 0 | 40 | 80 |
| 15 | C | 30 | 45 | 0 | 75 |
| 16 | Demanda | 70 | 100 | 40 | 158 |
| 17 | | | | | |

Problema de asignación:

| L8 | | f_x | | | | | |
|----|----------|-------|--------|-----|----|---|--|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | Ciudad | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 2 | vendedor | | | | | | |
| 3 | 1 | 14 | 13 | 17 | 14 | 1 | |
| 4 | 2 | 16 | 15 | 16 | 15 | 1 | |
| 5 | 3 | 18 | 14 | 20 | 17 | 1 | |
| 6 | 4 | 20 | 13 | 15 | 18 | 1 | |
| 7 | | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | $FO =$ | 255 | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | Ciudad | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 12 | vendedor | | | | | | |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| 14 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| 15 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| 16 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | |
| 17 | | 4 | 4 | 4 | 4 | | |
| 18 | | | | | | | |

Resolución SOLVER:

| | | | | | | | |
|----|----------|---|-----|---|----|---|---|
| 9 | | | FO= | | 58 | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | Ciudad | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 12 | vendedor | | | | | | |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 14 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 15 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 16 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 17 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 18 | | | | | | | |

Los números 1 indican la asignación de cada vendedor con su correspondiente cliente.

6.9.3.7. Evaluación

- 1.- ¿Cuáles son las características fundamentales de un modelo de transporte?
- 2.- ¿Qué métodos de solución existen para resolver problemas de transporte?
- 3.- ¿Cuáles son los requisitos fundamentales para el modelo de asignación?
- 4.- ¿Cuál es la técnica inicial utilizada en el algoritmo del cruce del arroyo para encontrar una solución inicial?
- 5.- ¿Qué tipos de modelos de transporte se pueden encontrar?
- 6.- ¿Qué software son útiles para resolver problemas de transporte y asignación?

6.9.3.8. Problemas:

Caso 1.-

Una empresa desea minimizar los costos de embarque, según la matriz mostrada. Resuelva, empleando el método del Cruce del arroyo

| DESTINO | | | | SUMINISTRO |
|----------------|----------|----------|----------|-------------------|
| ORIGEN | 1 | 2 | 3 | |
| A | \$ 5 | \$ 7 | \$ 4 | 150 |
| B | \$ 6 | \$ 3 | \$ 5 | 300 |
| DEMANDA | 100 | 250 | 100 | 450 |

Caso 2.-

- Una compañía tiene actualmente un programa de embarques que la administración superior no considera como óptimo. La empresa tiene tres fábricas y cinco bodegas. A continuación se dan datos necesarios en términos de costos de transporte, capacidades de fábrica y requerimientos de bodegas. Empleando los métodos: 1.Esquina noroeste, 2. Cruce del arroyo y 3. El software SOLVER; encontrar el costo mínimo de embarque de la compañía.

Matriz de Transportación

| FABRICA BODEGA | A | B | C | DEMANDA |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------------|
| 1 | \$5 | \$4 | \$8 | 400 |
| 2 | \$8 | \$7 | \$4 | 400 |
| 3 | \$6 | \$7 | \$6 | 500 |
| 4 | \$6 | \$6 | \$6 | 400 |
| 5 | \$3 | \$5 | \$4 | 800 |
| SUMINISTRO | 800 | 600 | 1100 | 2500 |

Caso 3.-

Una empresa de proyectos tiene que atender a tres clientes quienes solicitan un determinado proyecto. La empresa cuenta con tres jefes de proyecto que deberán ser asignados cada uno a cada cliente con la finalidad de minimizar los tiempos de ejecución de los proyectos. La información de los tiempos estimados de terminación de proyectos, en días, se indican a continuación.

Tiempos estimados de terminación de proyectos, en días.

| JEFE DE PROYECTO | CLIENTE | | |
|-----------------------------|----------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| A | 10 | 15 | 9 |
| B | 9 | 18 | 5 |
| C | 6 | 14 | 3 |

BIBLIOGRAFIA

- BUDNICK S. Frank (2007) Matemáticas aplicadas para la administración,
economía y ciencias sociales, Edit. Mc Graw Hill
- MATHUR Kamlesh y SOLOW Daniel Investigación de Operaciones: El arte de la Toma de Decisiones, Prentice-Hall, 1996
- MALDONADO Hernán La Investigación Operativa en las decisiones de la Empresa
- HEIZER y RENDER Decisión de la Producción, Decisiones Tácticas, Prentice Hall, 2001
- SHAMBLIN James Investigación de Operaciones: Un enfoque fundamental, Mc Gaw Hill
- Introducción a los Modelos Cuantitativos para Administración

LINKOGRAFIA

http://unamer34.files.wordpress.com/2009/05/solver_excel.pdf

<http://www.monografias.com/trabajos16/teorias-piaget/teorias-piaget.shtml>

<http://www.mitecnologico.com/Main/ConceptoYDesarrolloInvestigacionDeOperacion>

<http://www.eio.uva.es/~ricardo/io/introio.pdf>

http://www.alipso.com/monografias2/La_investigacion_operativa/index.php

<http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/descargas/gallegos01.pdf>

<http://www.itson.mx/dii/elagarda/apagina2001/PM/uno.html#introduccion>

ANEXOS

ENCUESTA-CUESTIONARIO

DIRIGIDA A LOS DOCENTES

Estimado compañero Docente:

Con el propósito de determinar la relación existente entre la Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones y el desarrollo de Modelos Matemáticos por parte de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Comercial de la Escuela de Administración de Empresas de la PUCESA, solicito a usted muy comedidamente contestar las siguientes preguntas en el casillero de su preferencia de acuerdo a la siguiente escala de valoración.

| TOTALMENTE | MUCHO | POCO | NADA |
|------------|-------|------|------|
| 4 | 3 | 2 | 1 |

Al agradecer su colaboración me permito indicarle que la presente encuesta es totalmente confidencial y anónima, y que los resultados se darán a conocer de manera impersonal.

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| 1 | ¿Considera de importancia a la Investigación de Operaciones como herramienta para la toma de decisiones? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|--|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| 2 | ¿Considera que la información estadística y del álgebra matricial de sistemas lineales son base para la introducción de la Investigación de Operaciones? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|--|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | ¿Una adecuada orientación didáctica de la Investigación de Operaciones formaría al estudiante como un profesional altamente idóneo para el campo laboral? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| 4 | ¿Los recursos didácticos que maneja el docente para la Investigación de Operaciones, como diapositivas, computadora, material de apoyo, lecturas son de importancia para la enseñanza aprendizaje? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|--|---|---|---|---|

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|
| 5 | ¿Considera que los modelos matemáticos manejados por los docentes contribuyen eficazmente para el aprendizaje de la Investigación de Operaciones? | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 6 | ¿Los modelos matemáticos utilizados en la enseñanza-aprendizaje de la Investigación de Operaciones tienen la aplicabilidad en el sector empresarial? | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 7 | ¿Resuelven los modelos matemáticos problemas referentes a la producción, comercialización, distribución, asignación, que son actividades inherentes a la empresa? | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 8 | ¿Considera de importancia que para la orientación didáctica de Investigación de Operaciones y el desarrollo de los modelos matemáticos en la enseñanza aprendizaje se apliquen software? | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 9 | ¿Considera que para la enseñanza-aprendizaje de la Investigación de operaciones y el desarrollo de modelos matemáticos es necesario contar con el material de apoyo adecuado que permita al estudiante desarrollar sus habilidades y destrezas? | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 10 | Considera que la orientación didáctica fortalece la calidad en la educación superior y forma mejores profesionales? | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 11 | ¿Considera que el desarrollo de un manual es una articulación teórico práctico para la formación profesional tanto del docente como el educando? | 4 | 3 | 2 | 1 |

Fecha:

Encuestador:

ENCUESTA-CUESTIONARIO

DIRIGIDA A LOS ESTUDIANTES

Señor Estudiante:

Con el propósito de determinar la relación existente entre la Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones y el desarrollo de Modelos Matemáticos por parte de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Comercial de la Escuela de Administración de Empresas de la PUCESA, solicito a usted muy comedidamente contestar las siguientes preguntas en el casillero de su preferencia de acuerdo a la siguiente escala de valoración.

| TOTALMENTE | MUCHO | POCO | NADA |
|------------|-------|------|------|
| 4 | 3 | 2 | 1 |

Al agradecer su colaboración me permito indicarle que la presente encuesta es totalmente confidencial y anónima, y que los resultados se darán a conocer de manera impersonal.

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| 1 | ¿Considera usted de importancia a la Investigación de Operaciones como herramienta para la toma de decisiones? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|--|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| 2 | ¿Considera usted que la información estadística y del álgebra matricial de sistemas lineales son base para la introducción de la Investigación de Operaciones? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|--|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| 3 | ¿Una adecuada orientación didáctica de la Investigación de Operaciones le formaría como un profesional altamente idóneo para el campo laboral? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|--|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| 4 | ¿Los recursos didácticos que maneja el docente para la Investigación de Operaciones, como diapositivas, computadora, material de apoyo, lecturas son de importancia para la enseñanza aprendizaje? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|--|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | ¿Considera que los modelos matemáticos manejados por los docentes contribuyen eficazmente para su enseñanza-aprendizaje en la Investigación de Operaciones? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| 6 | ¿Los modelos matemáticos utilizados en la enseñanza-aprendizaje de la Investigación de Operaciones tienen la aplicabilidad en el sector empresarial? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|--|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | ¿Resuelven los modelos matemáticos problemas referentes a la producción, comercialización, distribución, asignación, que son actividades inherentes a la empresa? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| 8 | ¿Considera usted de importancia que para la orientación didáctica de Investigación de Operaciones y el desarrollo de los modelos matemáticos en la enseñanza aprendizaje se apliquen software? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|--|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | ¿Considera usted que para la enseñanza-aprendizaje de la Investigación de operaciones y el desarrollo de modelos matemáticos es necesario contar con el material de apoyo adecuado que permita al estudiante desarrollar sus habilidades y destrezas? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|
| 10 | ¿Considera que la orientación didáctica impartida por los docentes tiene como objetivo mejorar la calidad de la educación superior? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|----|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|----|--|---|---|---|---|
| 11 | ¿Considera que el desarrollo de un manual es una articulación teórico práctico para la formación profesional tanto del docente como el educando? | 4 | 3 | 2 | 1 |
|----|--|---|---|---|---|

Fecha:

Encuestador: