

**ARQUETIPO DE AUTOMATIZACIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL BASADO
EN HERRAMIENTAS DE SOFTWARE.**

LEIDY JOHANNA DÍAZ PATIÑO

ID 68194

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FLORIDABLANCA**

2009

**ARQUETIPO DE AUTOMATIZACIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL BASADO
EN HERRAMIENTAS DE SOFTWARE.**

LEIDY JOHANNA DÍAZ PATIÑO

ID 68194

**Trabajo de Grado para optar al título de:
INGENIERA INDUSTRIAL**

Director:

Msc. Marco Antonio Villamizar Araque

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FLORIDABLANCA**

2009

Nota de aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del Jurado

Floridablanca, 20 de Marzo de 2009

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A mi hijo Miguel Mauricio

A mis padres y herman@s

A mi esposo

A mis profesores y amig@s

A mi director

A la Universidad Pontificia Bolivariana

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
2. ANTECEDENTES.....	21
3. JUSTIFICACIÓN.....	27
4. OBJETIVOS.....	28
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	28
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
5. MARCO TEÓRICO	30
5.1 APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CONSTRUCTIVISTA.....	30
5.1.1 Aprender Haciendo	32
5.1.2 Diseño de Actividades.....	33
5.1.3 Evaluación del Aprendizaje	35
5.2 AUTOMATIZACIÓN.....	36
5.2.1 Tipos de Automatización	38
5.2.2 La Automatización de la Fabricación.....	40
5.2.3 La Automatización de los servicios	43
6. COMPENDIO DE GUÍAS INTRODUCTORIAS A LA AUTOMATIZACIÓN	45
6.1 MATERIAS EN LAS CUALES SE PUEDE INTRODUCIR EL CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN.....	45

6.2 REQUERIMIENTOS PARA DESARROLLAR LA GUÍA PROPUESTA.....	46
6.3 GUÍAS PROPUESTAS	47
6.3.1 Guía 1. Introducción a la Automatización:	47
6.3.2 GUÍA 2. Introducción a CAD/CAE/CAM	60
6.3.3 GUÍA 3. Introducción a Solid Edge	67
6.3.4 GUÍA 4. Balanceo de Línea de Ensamble	73
6.3.5 GUÍA 5. Introducción a LabView:	80
6.3.6 GUÍA 6. Introducción a Promodel:	93
6.3.7 GUÍA 7. Caso Producción con Promodel:	106
6.3.8 GUÍA 8. Caso Logística con Promodel:	120
6.3.9 GUÍA 9. Caso 2 Logística con Promodel:	133
6.4 GUÍAS PROPUESTAS Vs. NIVEL AUTOMATIZACIÓN.....	148
7. AUTO-EVALUACIÓN DE LAS GUÍAS POR COMPETENCIAS.....	151
7.1 COMPETENCIAS MANEJO DE SOFTWARE	151
7.2 COMPETENCIAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS:	153
8. IMPLEMENTACIÓN DE LA PRUEBA PILOTO.....	155
8.1 RESULTADOS ALCANZADOS PRUEBA PILOTO	156
9. TABLA RESUMEN.....	171
10. CONCLUSIONES	174
11. REFLEXIONES Y RECOMENDACIONES.....	177
BIBLIOGRAFÍA.....	179
ANEXOS.....	182

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro comparativo Objetivos Anteproyecto - Proyecto.....	21
Tabla 2. Universidades referentes en Latinoamérica.....	23
Tabla 3. Argumentos a favor y en contra de la automatización	36
Tabla 4. Beneficios e inconvenientes de la automatización	37
Tabla 5. Guía propuesta Vs. Materias Ingeniería Industrial	46
Tabla 6. Listado de Recursos	46
Tabla 7. Proceso del modelo descrito.....	104
Tabla 8. Proceso del Modelo Guía 6.....	118
Tabla 9. Etapa 2: Prueba Piloto	155
Tabla 10. Etapa 3. Prueba Piloto	156
Tabla 11. Atributos Guía 1.....	157
Tabla 12. Atributos Guía 2.....	158
Tabla 13. Atributos Guía 3.....	159
Tabla 14. Atributos Guía 4.....	160
Tabla 15. Atributos Guía 5.....	161
Tabla 16. Atributos Guía 7.....	162
Tabla 17. Atributos Guía 6.....	163
Tabla 18. Atributos Guía 7.....	164
Tabla 19. Atributos Guía 8.....	165
Tabla 20. Atributos Guía 9.....	166
Tabla 21. Tabla de análisis Prueba Piloto.....	167
Tabla 22. Nivel de Acompañamiento	169
Tabla 23. Justificación % cumplimiento de los Objetivos.....	171
Tabla 24. Percepción atributos de las guías.....	175

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Nivel de Automatización	51
Figura 2. Partes Sistema Automatizado.....	52
Figura 3. Ejemplos de pilotos, pulsadores, teclados y visualizadores.....	53
Figura 4. Componentes de un PLC.....	54
Figura 5. PLC's Compactos y Modulares.....	55
Figura 6. Ciclo de Producto Típico.....	62
Figura 7. Piezas desarrolladas en Sistema CAD	63
Figura 8. Sistema CAM.....	64
Figura 9. Entorno estructura de comandos.....	69
Figura 10. Tornillo a Modelar con Solid Edge	69
Figura 11. Crear Boceto para el tornillo	70
Figura 12. Creando la base	70
Figura 13. Boceto del hexágono	71
Figura 14. Ventana Extruir	71
Figura 15. Cabeza de Tornillo.....	71
Figura 16. Extrusión 2.....	71
Figura 17. Extrusión 3.....	72
Figura 18. Carro piloto	75
Figura 19. Especificaciones del Problema	77
Figura 21. Solución Balanceo de Línea	78
Figura 20. Spreadsheet Form	78
Figura 22. Diagrama Sistema SCADA.....	82
Figura 23. Sistema del Problema Propuesto	84
Figura 24. Getting Started LabVIEW.....	84
Figura 25. Panel Frontal y Diagrama de Bloques	85
Figura 26. Menú de opciones ventanas LabVIEW	85
Figura 27. Paleta de controles LabView	86
Figura 28. Paleta de funciones LabVIEW	87
Figura 29. Paleta de Herramientas de LabVIEW	89
Figura 30. Panel Frontal Temperatura	90
Figura 31. Diagrama de Bloques Temperatura.....	91
Figura 32. Submenú	91
Figura 33. Gráfico del proceso.....	96

Figura 34. Información General del modelo	97
Figura 35. Menú Build de ProModel.....	97
Figura 36. Entorno ProModel	98
Figura 37. Locaciones.....	99
Figura 38. Banda transportadora	100
Figura 39. Ventana gráfica de la entidad	100
Figura 40. Ruta del Operario	101
Figura 41. Paths.....	101
Figura 42. Interfaces del Modelo.....	102
Figura 43. Especificaciones del Operario	102
Figura 44. Ventanas del Proceso.....	103
Figura 46. Operación	103
Figura 45. Constructor Lógico.....	103
Figura 47. Llegadas al sistema	104
Figura 48. Layout Distribución de Planta	111
Figura 50. Herramientas de Dibujo	112
Figura 49. Ventana Layout con fondo	112
Figura 51. Locaciones modelo TOC	113
Figura 52. Entidades del modelo	113
Figura 53. Recorrido	114
Figura 54. Trayectorias e interfaces del modelo	114
Figura 55. Especificaciones Operario	115
Figura 56. Atributos del Modelo	115
Figura 57. Variable del modelo	116
Figura 58. Subrutina Id	116
Figura 59. Ventana Opciones de Simulación.....	116
Figura 60. Llegadas al sistema	119
Figura 61. Proceso Logística a modelar	123
Figura 62. Panel de Acceso Rápido.....	124
Figura 63. Información General	124
Figura 64. Ventanas Promodel	125
Figura 65. Layout Logística.....	125
Figura 66. Locaciones.....	126
Figura 67. Entidades del Sistema	126
Figura 68. Ventana gráfica para editar entidades	127
Figura 69. Path Network del Sistema.....	127
Figura 70. Paths del sistema.....	128
Figura 71. Interface del sistema.....	128
Figura 72. Recursos del Sistema	128

Figura 73. Ventana especificaciones recurso vehículo	129
Figura 74. Atributos del sistema.....	129
Figura 75. Variables del modelo	129
Figura 76. Subrutina	130
Figura 77. Llegadas al Sistema.....	131
Figura 78. Layout de un almacén.....	134
Figura 79. Tecnologías manejo automatizado de materiales.....	136
Figura 80. Promodel shortcut Panel.....	140
Figura 81. Información General	140
Figura 82. Layout Cargue y Descargue	140
Figura 83. Instalaciones Cargue y Descargue	141
Figura 84. Entidades Cargue y Descargue	141
Figura 85. Path Network Cargue y Descargue.....	141
Figura 86. Path e interfaces net_actual, modelo 1	142
Figura 87. Path e interfaces Net_pallet, modelo 2.	142
Figura 88. Path e Interfaces Net_actual modelo 3.	142
Figura 89. Resources Cargue y Descargue	143
Figura 90. Variables Cargue y Descargue	143
Figura 91. Lógica de Inicio	143
Figura 92. Atributos Cargue y Descargue	144
Figura 93. Subrutina Cargue y Descargue.....	144
Figura 94. Llegadas Cargue y Descargue	144
Figura 95. Niveles de Automatización en la planta	149

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Universidades USA	24
Gráfica 2. Universidades en Colombia.....	24
Gráfica 3. Diagrama de flujo del proceso.....	110
Gráfica 4. Nivel Automatización Vs Guía Propuesta.....	149
Gráfica 5. Dificultad Guía 1.....	157
Gráfica 6. Atributos a Evaluar Guía 1.	157
Gráfica 7. Atributos Guía 2.	158
Gráfica 8. Importancia de los sistemas automatizados.....	158
Gráfica 9. Dificultad al realizar la Guía 3.....	159
Gráfica 10. Atributos Guía 3.....	159
Gráfica 11. Dificultad al realizar Guía 4.	160
Gráfica 12. Atributos Guía 4.....	160
Gráfica 13. Atributo Guía 5.	161
Gráfica 14. Importancia sistemas SCADA y labview.....	161
Gráfica 15. Dificultad en realizar Guía 7.	162
Gráfica 16. Atributos Guía 7.....	162
Gráfica 17. Dificultad en realizar la Guía 6.	163
Gráfica 18. Atributos Guía 6.....	163
Gráfica 19. Cumplió Objetivo de la Guía.....	164
Gráfica 20. Atributos Guía 7.....	164
Gráfica 21. Dificultad al realizar la Guía 8.....	165
Gráfica 22. Atributos Guía 8.....	165
Gráfica 23. Dificultad al realizar la Guía 9.....	166
Gráfica 24. Atributos Guía 9.....	166
Gráfica 25. Opinión de los estudiantes respecto a la Autoevaluación y el aporte de la automatización a la vida profesional	169
Gráfica 26. Componentes para desarrollar las guías.....	170
Gráfica 27. Autoevaluación Competencias	189

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Listado Universidades Estados Unidos	183
Anexo B. Universidades en Colombia.....	185
Anexo C. Prototipos Laboratorio de Automatización.....	186
Anexo D. Formato Auto-evaluación de las Guías	187
Anexo E. Formato Evaluación Prueba Piloto	190

GLOSARIO

ACTUADOR son elementos capaces de producir un efecto sobre el proceso (cilindros neumáticos e hidráulicos, motores eléctricos, electroválvulas, etc.). Como el sistema de control únicamente maneja señales eléctricas los actuadores dispones de un elemento de interfaz (o pre actuador) que reacciona a esas señales eléctricas actuando sobre los elementos finales¹.

ARQUETIPO Modelo original y primario en un arte u otra cosa².

AUTOMATIZACIÓN nivel en el que el trabajo humano es reemplazado por el uso de maquinas (OIT). Integración con fines estratégicos de un rango completo de descubrimientos científicos avanzados y de ingeniería en los procesos de producción.³

BUSES DE CAMPO microprocesadores de datos que permiten la integración de equipos digitales de terreno, se denominan genéricamente Fiel buses o Buses de Campo.⁴

CAD (Computer Aided Design). Diseño Asistido por Ordenador. Técnicas que utilizan herramientas informáticas para acortar los tiempos necesarios en el diseño de productos. El CAD se ha extendido en los últimos años de manera considerable, principalmente por el abaratamiento de los programas y el incremento de la potencia de los ordenadores personales. Un buen programa CAD puede suponer un importante ahorro de trabajo al diseñador, que puede observar, en tiempo real, cómo afectan pequeños cambios a la estructura global del objeto a diseñar. Uso de computadoras para el dibujo interactivo de ingeniería y almacenamiento de los diseños. Los programas completan la disposición física, las transformaciones geométricas, las proyecciones, los giros, las ampliaciones y las secciones transversales de un parte, así como su relación con otros componentes.⁵

¹ Control de procesos. Tema 1 (Recuperado el 4 de Junio de 2008. Conceptos Básicos. Pag. 3 / 8 disponible en Internet: <http://www.esid.uji.es/asignatura/obtener.php?letra=I&codigo=I62&archivo=1108118026I62>

² RAE. Recuperado el 17 de Marzo de 2009 Disponible en Internet: http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=Arquetipo

³ GAITHER, Norman. Administración de producción y operaciones. Cuarta Edición. International Thomson Editores. Pág. 820

⁴ Buses de Campo. (Recuperado el 5 de Junio de 2008) Disponible en Internet: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=131&rank=1>

⁵ GAITHER. O. cit. P 171

CAE (Computer Aided Engineering). Ingeniería Asistida por Ordenador. Permite a los ingenieros simular en el ordenador los modelos que se piensan poner en práctica con el objetivo de apreciar su validez sin incurrir en costes defabricación.⁶

CAM (Computer Aided Manufacturing). Fabricación Asistida por Ordenador. Uso de las computadoras para programar, dirigir y controlar equipo de producción en la fabricación de bienes manufacturados.⁷

CIM (Computer Integrated Manufacturing). Fabricación Integrada por Ordenador. Las siglas CIM responden a una filosofía de implantación de un sistema informático que integre todos los procesos existentes en un proceso de fabricación, tanto en lo que se refiere a las áreas comerciales, como a las de diseño, fabricación, distribución, etc.⁸

CNC (computer numerical control) Un tipo de automatización programable, dirigido por información matemática que usa microcomputadoras para llevar a cabo varias operaciones de maquinado.⁹

FMS (Sistema flexible de manufactura) grupo de máquinas controladas por computadoras y sistemas automáticos de manejo, carga y descarga de material, y de operación directa sobre el material; todo ello, controlado por un computador supervisor. Los elementos de este sistema son muy flexibles y versátiles, lo que permite una fabricación muy variada en el mismo momento.¹⁰

LAYOUT distribución de planta.

PLC “autómata” es un dispositivo electrónico programable por el usuario que se utiliza para controlar, dentro de un entorno industrial, máquinas o procesos lógicos y/o secuenciales.

PRODUCTIVIDAD cantidad de productos o servicios producidos con los recursos utilizados.¹¹

SCADA (Supervisory Control and Data Adquisition). Aplicación especialmente diseñada para controlar a través de un ordenador y con dispositivos de campo, las operaciones de control, supervisión y registro de datos de cualquier proceso industrial gobernado por autómatas programables o redes de autómatas.

⁶ Definición CAE (Recuperado el 6 de Junio de 2008) Disponible en Internet: <http://www.mastermagazine.info/termino/4148.php>

⁷ Ibid., p, 171

⁸ Definición CIM (Recuperado el 6 de Junio de 2008) Disponible en Internet: <http://www.mastermagazine.info/termino/4256.php>

⁹ Definición CNC (Recuperado el 5 de Junio de 2008) Disponible en Internet: <http://www.toolingu.com/definition-301100-32132-control-numerico-computarizado.html>

¹⁰ Sistemas de fabricación flexible. (Recuperado el 5 de Junio de 2008) Disponible en Internet: http://dmi.uib.es/~burguera/download/fms_grillo_garcia.pdf

¹¹ GAITHER, Op. Cit. P.826

SENSOR son elementos que captan propiedades físicas del proceso (como presencia de objetos, velocidad, temperatura, etc.) y producen una señal eléctrica en función de estas propiedades. Lo normal es que se conecten directamente al sistema de control (autómata), aunque pueden conectarse directamente a un elemento actuador en sistemas muy sencillos.

SISTEMAS AS/RS (Automatic Storage/Retrival System) está diseñado para realizar un proceso automático del manejo de materiales, también llamado "manejo de materiales". El AS/RS es un robot que funciona por medio de electricidad y aire; por lo cual primero que nada para comenzar con su funcionamiento se tiene que contar con estos dos elementos. Sistema para recibir pedidos de materiales, recolectar los materiales y entregarlos a las estaciones de trabajo en las operaciones.¹²

TRANSDUCTORES es un dispositivo que convierte una señal de un tipo de energía en otra. La base es sencilla, se puede obtener la misma información de cualquier secuencia similar de oscilaciones, ya sean ondas sonoras (aire vibrando), vibraciones mecánicas de un sólido, corrientes y voltajes alternos en circuitos eléctricos, vibraciones de ondas electromagnéticas radiadas en el espacio en forma de ondas de radio o las marcas permanentes grabadas en un disco o una cinta magnética.¹³

¹² GAITHER, Op. cit. P. 829

¹³ Definición de Transductores. (Recuperado el 10 de Junio de 2008) Disponible en Internet: <http://www.ehu.es/acustica/espanol/electricidad/transes/transes.html>

RESUMEN

TITULO: ARQUETIPO DE AUTOMATIZACIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
BASADO EN HERRAMIENTAS DE SOFTWARE

AUTOR: DÍAZ PATIÑO, Leidy Johanna

FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL

DIRECTOR: MARCO ANTONIO VILLAMIZAR ARAQUE

PALABRAS CLAVES: Automatización, Software, SCADA, CAD/CAE/CAM, Aprendizaje Significativo.

Este documento presenta como resultado un compendio de guías introductorias de automatización aplicables a Ingeniería Industrial basadas en herramientas de software (Promodel, LabVIEW, Solid Edge y WinQSB), con el propósito de fomentar la aplicación de la automatización, en las asignaturas en las cuales es un elemento tecnológico a desarrollar a través de herramientas informáticas.

Mediante la construcción del marco teórico, se estableció el papel que juega “aprender haciendo” en el aprendizaje, la estructura de las tareas guiadas y cómo el Ingeniero Industrial tiene en la automatización una herramienta para mejorar los procesos. A su vez el diseño de las guías permitiría ubicar la temática desarrollada en automatización en asignaturas como: Introducción a la Ingeniería Industrial, Introducción al Pensamiento Sistémico, Informática para Ingenieros Industriales, Procesos de Producción, Control de Calidad, Localización y Distribución de Planta, Planeación y Control de Producción y Logística de Distribución, promoviendo la automatización como un campo propicio para la Ingeniería Industrial. Finalmente de la aplicación de la prueba piloto se evidencia cuatro elementos importantes a tener en cuenta en el desarrollo de las guías: el tutor, el estudiante, el software y el hardware.

ABSTRACT

TITLE: ARCHETYPE OF AUTOMATION IN INDUSTRIAL ENGINEERING BASED ON SOFTWARE TOOLS.

AUTHOR: DÍAZ PATIÑO, Leidy Johanna

FACULTY: INDUSTRIAL ENGINEERING

DIRECTOR: MARCO ANTONIO VILLAMIZAR ARAQUE

KEY WORDS: Automation, Software, SCADA, CAD/CAE/CAM, Significant Learning

This document contains as a result some compiled guide books that serve as an introduction to automation used in Industrial Engineering. These guides are based on software applications (Promodel, LabVIEW, Solid Edge y WinQSB) and have been produced with the purpose of encouraging automation in those subjects in which, it is a technological element to be developed through information technologies.

During the search of previous investigations, it was established: the role of “learning by doing”, the structure of guided homework and how the Industrial Engineer finds in automation a way to improve processes. The design of the guide books also allows the user to find the topic related to automation in subjects such as: Introduction to Industrial Engineering, Introduction to Systems Thinking, Information Technologies for Industrial Engineers, Production Processes, Quality Control, Production Planning and Control, Plant Layout and Distribution logistics. All of this promotes automation as an adequate field for Industrial Engineers. Finally, from the practical testing, four elements were identified as important for the appropriate development of the guides: the tutor, the student, the software and hardware.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo, se trata como idea principal el tema de la automatización, el cual se puede definir como “Ejecución de tareas industriales, administrativas o científicas haciendo más ágil y efectivo el trabajo, ayudando al ser humano.”¹⁴

La idea central de este documento es presentar un compendio de guías introductorias de automatización aplicables a Ingeniería Industrial basadas en herramientas de software (Promodel, LabVIEW, Solid Edge y WinQSB), con el propósito de fomentar la enseñanza de la automatización en las asignaturas en las cuales es un elemento tecnológico a desarrollar.

Con el fin de contribuir a la formación de los estudiantes de Ingeniería Industrial y establecer la automatización, el control y la inter-disciplinariedad como un elemento diferenciador del Ingeniero Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, el Grupo Interdisciplinario de Desarrollo Tecnológico en Automatización de Procesos Industriales (GIDTAPI) está desarrollando un macro proyecto de laboratorio de Automatización y Control en Ingeniería Industrial

Al establecer la conexión que existe entre la Ingeniería Industrial y la automatización se puede ir incorporando estas temáticas dentro del plan de estudios académico y brindar al estudiante habilidades y competencias que le permitan desenvolverse con destreza en entornos cada día más automatizados, ampliando su campo de acción y respondiendo a las necesidades de las organizaciones de ser más productivas y competitivas para permanecer en el mercado.

¹⁴ Glosario Biblioteca digital para discapacitados. (Recuperado el 15 de Junio de 2008). Disponible en Internet: <http://www.oit.or.cr/bidiped/Glosario.html>

El marco teórico de este proyecto abarca dos temáticas centrales, una enfocada hacia el aprendizaje significativo constructivista como metodología para aprender haciendo, el cual incluye el diseño de actividades y estrategias para la evaluación del aprendizaje, y la segunda temática orientada al tema de la automatización, su definición, beneficios e inconvenientes, tipos de automatización y la automatización en la fabricación y los servicios.

Se diseñaron dos prácticas teóricas introduciendo la automatización y explicando sistemas automatizados como SCADA, CAD/CAE/CAM y 7 tareas dirigidas basados en herramientas de software.

A su vez el diseño de las guías permitiría ubicar la temática desarrollada en automatización en asignaturas como: Introducción a la Ingeniería Industrial, Introducción al Pensamiento Sistémico, Informática para Ingenieros Industriales, Procesos de Producción, Control de Calidad, Localización y Distribución de Planta, Planeación y Control de Producción y Logística de Distribución, promoviendo la automatización como un campo propicio para la Ingeniería Industrial.

Finalmente, la implementación de la prueba piloto de las tareas guiadas se realiza a estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana en tres etapas, con el fin de ajustar las guías y establecer la percepción de los estudiantes en atributos como: logro de objetivos, dificultad en realizar la guía, estructura, contenido, facilidad de lectura, lenguaje y duración, todo en pro del mejoramiento, del ingeniero industrial de la universidad.

1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad se hace indispensable que las empresas adopten procesos de automatización en la fuerza de ventas, procesos de atención al cliente y en procesos de fabricación, como una alternativa para ser competitivos en tiempos de entrega, flexibilidad, rendimiento, volumen, calidad y precio. Es por esto que día a día las empresas optan por automatizar sus procesos y servicios ocasionando una demanda de personal cualificado y con conocimientos en la automatización.

Con el fin de contribuir a la formación de los estudiantes de Ingeniería Industrial y establecer la automatización, el control y la inter-disciplinariedad como un elemento diferenciador del Ingeniero Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, se ofrece una línea de profundización en Automatización y Control a partir del primer semestre del 2009. En el proceso de identificación de oportunidades de mejora surge la necesidad de visualizar alternativas que permitan acercar las diferentes materias a la automatización.

El Arquetipo para la automatización en Ingeniería Industrial abarca 9 guías; dos de las cuales son teóricas y las restantes son tareas guiadas con el fin de adquirir nociones en el manejo de software importantes en el momento de incursionar en la producción con herramientas tecnológicas.

2. ANTECEDENTES

Para diseñar y elaborar el manual de laboratorio de Automatización aplicada a la Ingeniería Industrial, se requiere del montaje e instalación del laboratorio y del uso de prototipos que recreen la utilidad de la automatización en Ingeniería Industrial como la calle de selección y el robot cartesiano. Teniendo en cuenta que en el momento de comenzar a desarrollar el proyecto para dar cumplimiento al anteproyecto estos no se encontraban disponibles, se replantean los objetivos propuestos. En la siguiente tabla se presenta un cuadro comparativo de los objetivos con sus respectivos ajustes.

Tabla 1. Cuadro comparativo Objetivos Anteproyecto - Proyecto

	ANTEPROYECTO	PROYECTO
GENERAL	Realizar un manual de Laboratorio de Automatización aplicada a la Ingeniería Industrial en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga	Elaborar un compendio de guías introductorias de automatización en Ingeniería Industrial, mediante el diseño de tareas dirigidas basadas en herramientas de software y la aplicación de la respectiva prueba piloto.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS		
1	Determinar las normas y el reglamento básico del laboratorio de automatización.	
2	Diseñar las prácticas a desarrollar en el laboratorio de automatización	Diseñar tareas guiadas haciendo uso de tecnologías blandas (software) como componente de un sistema automatizado.
3	Determinar la metodología para la evaluación de las prácticas realizadas	Establecer la percepción del estudiante acerca de las guías diseñadas en cuanto a atributos como: logro de objetivos, dificultad en realizar la guía, estructura, contenido, facilidad de lectura, lenguaje y duración. Proponer y utilizar un mecanismo de autoevaluación que permita evidenciar niveles de competencias en la resolución de problemas y manejo de software.
4	Establecer parámetros para la presentación de los informes de laboratorio.	
5		Indagar por la presencia de la automatización en los programas de Ingeniería Industrial en Universidades de Estados Unidos y Colombia.

	ANTEPROYECTO	PROYECTO
6	Estipular los requerimientos en cuanto a recursos del laboratorio de automatización	Hacer uso del software WinQSB (módulo Facility Location and Layout) para realizar la distribución por procesos de un ensamble de carro didáctico.
		Proporcionar al estudiante de Ingeniería Industrial tareas dirigidas para el uso y manejo del software ProModel como herramienta de simulación y su importancia en la toma de decisiones.
		Introducir los conceptos de CAD/CAE/CAM y proporcionar bases para el diseño de productos en Solid Edge.
		Presentar conceptos de sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de datos (SCADA), introduciendo funciones básicas de LabView, como componente principal del sistema.

Fuente: Autor

El objetivo general se modifica pasando de realizar un Manual de laboratorio a realizar un compendio de guías introductorias de automatización basadas en herramientas informáticas; el cual se denomina “Arquetipo de automatización en Ingeniería Industrial basado en herramientas de software”.

La palabra Arquetipo procede del vocablo griego *arkhetypos*, que significa, “el primero en su especie”¹⁵, es decir, es un “Ejemplar original o primer molde de una cosa, que reúne los elementos esenciales de un tipo o clase y sobre el que se basan las posteriores modificaciones”¹⁶. Por consiguiente el resultado de este documento sirve de base o como punto de partida para seguir incursionando la automatización en la Ingeniería Industrial ya que hasta el momento en la Universidad Pontificia Bolivariana no se habían abordado estos temas desde la óptica del Ingeniero Industrial.

Al no disponer del laboratorio, los objetivos orientados a determinar las normas, el reglamento básico y los parámetros para presentar informes del laboratorio de automatización se excluyen del proyecto.

¹⁵ Senge Peter y otros. La quinta disciplina en la práctica. Estrategias y herramientas para construir la organización abierta al aprendizaje. Editorial Granica. Pág. 126

¹⁶ Definiciones de arquitectura y construcción. Recuperado el 16 de Marzo de 2009. Disponible en Internet: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-arquetipo>

Por otra parte, se presenta a manera de información si la automatización forma parte del programa de Ingeniería Industrial en Universidades a nivel internacional, nacional o local, partiendo de la base que la Ingeniería Industrial en Colombia, sigue las tendencias curriculares de programas académicos de universidades en Estados Unidos y Latinoamérica¹⁷.

Entre las Universidades referentes en países latinoamericanos se puede señalar; que entre los programas de Ingeniería Industrial o áreas afines o relacionadas existe un fuerte fenómeno hacia la automatización. Puesto que al realizar una consulta a través de la pág. Web de estas universidades se encontró que dentro de su plan de estudios contemplan la asignatura de automatización o similares.

Tabla 2. Universidades referentes en Latinoamérica

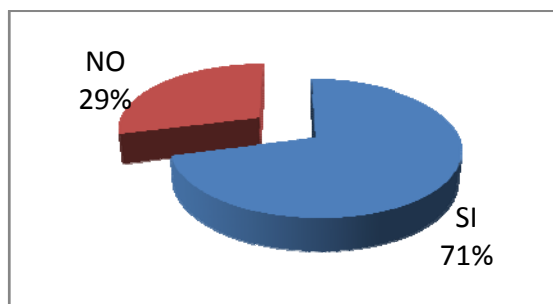
Universidad	País	Automatización	
		SI	NO
Instituto Tecnológico de Monterrey	México	X	
Universidad Nacional Autónoma de México	México	X	
Universidad de Palermo	Argentina	X	
Universidad Tecnológica Nacional de Argentina	Argentina	X	
Universidad Católica de Valparaíso	Chile		X
Universidad Central de Venezuela	Venezuela		X

Fuente: Autor

A su vez se realizó la misma consulta en Universidades de Estados Unidos (91 Universidades) que ofrecen el programa de Ingeniería Industrial; esta lista se encuentra en el Anexo A. Universidades de Estados Unidos. Como resultado de esta consulta se observa la fuerte disposición de las Universidades de Estados Unidos hacia la automatización, de las 55 universidades que se obtuvo información la relación es de 3:1 (por cada tres universidades que brinda formación en automatización, una no) y también se puede señalar que entre las asignaturas se contemplan: Automation and Robotics, CIM, CAD, CAE y CAM. (Ver Gráfico 1. Universidades USA).

¹⁷ Marco Fundamental Conceptual y Especificaciones de Prueba – ECAES. Ingeniería Industrial ICES – ACOFI Versión 6.0 Julio de 2005

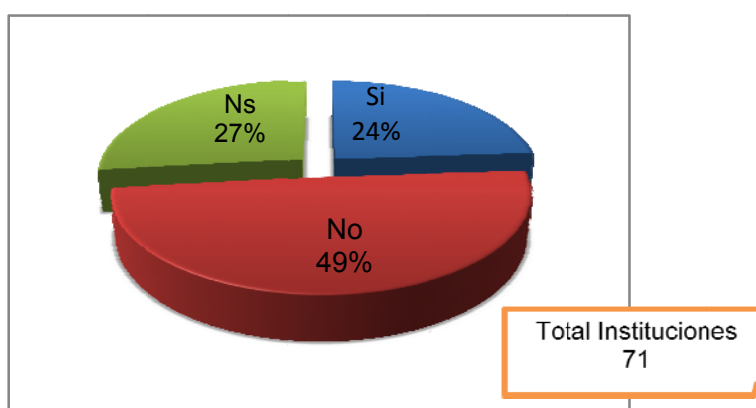
Gráfica 1. Universidades USA



Fuente: Autor (Listado de Universidades en USA que ofrecen Ingeniería Industrial
http://www.usnews.com/usnews/edu/college/majors/brief/major_14-35_brief.php)

De acuerdo con el Sistema Nacional de la Información de la Educación Superior, SNIES, para el año 2009 existen en el país 169 programas activos de Ingeniería Industrial entre los cuales se realizó la misma consulta, para determinar el porcentaje de Universidades que ofrecen asignaturas relacionadas con la automatización. En el Anexo B. Universidades de Colombia se encuentra el listado de las Universidades, institutos, corporación y fundaciones, dentro de las Universidades que se pudo encontrar información, el 24% dentro de su programa académico ofrecen formación en automatización.

Gráfica 2. Universidades en Colombia



Fuente: Autor (SNIES Facultad Ingeniería Industrial)

A nivel nacional algunas instituciones que ofrecen formación en automatización industrial son: La Universidad de los Andes, Universidad del Norte, EAFIT, Universidad Militar Nueva Granada, Universidad de Ibagué, Universidad Javeriana, Universidad del Valle, entre otras.

En algunas Universidades dentro del programa de Ingeniería Industrial se ha incorporado la materia de automatización en el plan de estudios, este es el caso de la Universidad Antonio Nariño en donde trata temas como “tipos de automatización, CAD, CAM, CNC. Robótica inspección e identificación automáticas, sistemas de almacenamiento, recuperación y distribución automatizados y Automatización en los servicios”¹⁸.

En Bucaramanga y su área metropolitana se encuentran Universidades que ofrecen programas de Ingeniería mecánica, eléctrica y/o mecatrónica como son la Universidad Industrial de Santander, Universidad Autónoma de Bucaramanga, la Universidad Santo Tomas entre otras, así como también programas técnicos en automatización y robótica. El SENA es otra entidad que presta capacitación en estos temas y cuenta con laboratorios especializados de automatización.

La Universidad Autónoma de Bucaramanga ofrece un Diplomado en Automatización y Mejoramiento de equipos, dirigido a las gerencias y personal de producción, manufactura, ingeniería industrial, diseño de proceso, mantenimiento y sistemas con el fin de mejorar la productividad, la competitividad y estar preparados para asumir los nuevos retos planteados por la aldea global en materia de tecnología.

¹⁸ Universidad Antonio Nariño (Recuperado el 3 de Junio de 2008) “Presentación o Justificación de la Asignatura” Disponible en internet: <http://www.uan.edu.co/deans/ingindustrial/contenidos.industrial/Plan%20Antiguo%2019/X%20semestre/Sem.Admon%20de%20la%20Produccion.pdf>

La universidad Santo Tomas cuenta con “laboratorios al servicio de la División de Ingenierías en las áreas de: física, diseño asistido por computadora CAD-CAE, Máquinas eléctricas, robótica, sensórica, resistencia de materiales (máquina universal de ensayos), electrónica, automatización FESTO, Planta de Control de procesos FESTO, Telemática, Instrumentación y control y Electrónica.”¹⁹

La Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, ofrece a su vez programas de Ingeniería mecánica y electrónica; entre otros; en estos programas se trabaja con mayor profundidad temas relacionados con la robótica y la automatización contando con un laboratorio, semilleros de robótica y grupo de investigación en automatización, Instrumentación y control reconocido por Colciencias²⁰. En el programa de ingeniería mecánica se ofrece especialización en el área de automatización de procesos industriales, presentándose una gran ventaja ya que dentro del mismo campus Universitario se cuenta con el personal idóneo para brindar las capacitaciones necesarias en temas básicos relacionados con automatización y robótica para los Ingenieros Industriales.

En la facultad de Ingeniería Industrial se está desarrollando un macro-proyecto desde el 2006 en la exploración de la automatización en la Ingeniería Industrial, a cargo del grupo de desarrollo GIDTAPI (Grupo Interdisciplinario de Desarrollo Tecnológico en Automatización de Procesos Industriales) adscrito a GIDeTechMA (Grupo de Investigación, en desarrollo tecnológico, mecatrónica y agroindustria, clasificado en D en Colciencias 11/06/09). Entre las evidencias de las actividades realizadas por el grupo de investigación se encuentran el primer prototipo ya construido: La calle de selección y el robot cartesiano, segundo prototipo que se encuentra en construcción. (Ver Anexo C.)

¹⁹Universidad Santo Tomas seccional Bucaramanga (Recuperado el 3 de Junio de 2008) “¿Quién es el ingeniero industrial tomasino?” Disponible en Internet: <http://web.ustabuca.edu.co/inicio/academia/industrial/index.jsp>

²⁰ Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga (Recuperado el 3 de Junio de 2008) “Pregrado Ingeniería Electrónica”. Disponible en Internet: <http://www.upbbga.edu.co/programas/electronica/electronica.html>

3. JUSTIFICACIÓN

El Grupo Interdisciplinario de Desarrollo Tecnológico en Automatización de Procesos Industriales, GIDTAPI en el informe de gestión y avance del proyecto de facultad titulado “Diseño Básico, Conceptual, de Detalle, y Construcción de Laboratorios Multidisciplinarios en Automatización y Control para la facultad de Ingeniería Industrial en Asocio con las Facultades de Ing. Mecánica e Ing. Electrónica” plantea dentro de sus objetivos:

“Permear con herramientas informáticas las asignaturas en las cuales la automatización es un elemento tecnológico a desarrollar.”

Por tal motivo, como requerimiento del grupo de desarrollo, se diseña un compendio de guías introductorias de automatización basadas en herramientas de informáticas; el cual se denomina “Arquetipo de automatización en Ingeniería Industrial basado en herramientas de software” con el fin de establecer conexiones entre la automatización y la Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana y tener conocimientos de herramientas informáticas como componente de un sistema automatizado.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un compendio de guías introductorias de automatización en Ingeniería Industrial, mediante el diseño de tareas dirigidas basadas en herramientas de software y la aplicación de la respectiva prueba piloto.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Indagar por la presencia de la automatización en los programas de Ingeniería Industrial en Universidades de Estados Unidos y Colombia.
- ✓ Diseñar tareas guiadas haciendo uso de tecnologías blandas (software) como componente de un sistema automatizado.
- ✓ Hacer uso del software WinQSB (módulo Facility Location and Layout) para realizar la distribución por procesos de una línea de ensamble.
- ✓ Proporcionar al estudiante de Ingeniería Industrial tareas dirigidas para el uso y manejo del software ProModel como herramienta de simulación y su importancia en la toma de decisiones.
- ✓ Introducir conceptos de CAD/CAE/CAM y proporcionar bases para el diseño de productos en Solid Edge.
- ✓ Presentar conceptos de sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de datos (SCADA), introduciendo funciones básicas de LabView, como componente principal del sistema.
- ✓ Proponer y utilizar un mecanismo de autoevaluación que permita evidenciar niveles de competencias en la resolución de problemas y manejo de software.

- ✓ Establecer la percepción del estudiante acerca de las guías diseñadas en cuanto a atributos como: logro de objetivos, dificultad en realizar la guía, estructura, contenido, facilidad de lectura, lenguaje y duración.

5. MARCO TEÓRICO

El marco teórico de este proyecto abarca dos temáticas centrales, una enfocada hacia el aprendizaje significativo constructivista como metodología para aprender haciendo, el cual incluye el diseño de actividades y estrategias para la evaluación del aprendizaje. La otra temática orientada al tema de la automatización, su definición, beneficios e inconvenientes, tipos de automatización y la automatización en la fabricación y los servicios.

5.1 APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO CONSTRUCTIVISTA

En el proceso del aprendizaje se distinguen dos objetivos claves, los que se refieren a los productos de enseñanza-aprendizaje (qué aprender) y los que se refieren a los procesos de aprendizaje (cómo aprender). Es decir es tan importante lo que se aprende como el modo en que se aprende. Por ello la educación hoy día no proporciona un **contenido** mental, sino también un **método** mental con el fin de conseguir conocimiento de forma autónoma a lo largo de toda la vida, instruir y orientar a los alumnos en la adquisición y utilización de estrategias de aprendizaje, siendo las más prometedoras las orientadas al aprendizaje autónomo y al desarrollo de habilidades meta cognitivas²¹.

Las estrategias de aprendizaje, son las actividades, metodologías y recursos utilizados con la finalidad de hacer efectivo el proceso de aprendizaje. Según Weinstein y Mayer (1986) “las estrategias de aprendizaje son las acciones y

²¹ Lara Guerrero, JUAN. Recuperado el 24 de abril de 2009. Estrategias para un aprendizaje significativo constructivista. Disponible en Internet: <http://e-spacio.uned.es/fez/view.php?id=bibliuned:20518>

pensamientos de los alumnos que ocurren durante el aprendizaje, que tienen gran influencia en el grado de motivación e incluyen aspectos como la adquisición, retención y transferencia de conocimiento”²².

Las técnicas meta cognitivas son habilidades que requieren de una conciencia individual y de la regulación de los procesos cognitivos utilizados. En el momento en que el sujeto es consciente de lo que sabe y, sobre todo, de lo que no sabe con respecto a una información, tiene posibilidad de conectar entre lo conocido y lo nuevo, permitiéndole alcanzar un grado mayor de comprensión y, por tanto, de significación.(Aprendizaje Significativo. AUSUBEL 1989)²³.

La teoría del aprendizaje constructivista viene a indicar cómo el conocimiento está construido de forma activa por el alumno, un conocimiento no estático incorporado de forma pasiva mediante el estudio y asimilación teórico-práctica de libros y manuales de estudio, en este sentido el alumno se va a erigir como un actor activo, consciente y responsable de su propio aprendizaje, el quehacer del alumno en su evolución formativa será de una implicación casi total, los resultados de dicha implicación vendrán a ser los conocimientos que él mismo ha podido ir confeccionando, todo ello bajo la supervisión tanto del docente como del centro educativo / formativo en el que se haya inmerso²⁴.

Comprender es construir, porque el alumno construye solamente cuando es capaz de elaborar una representación personal de aquellos conocimientos que quiere aprender. Esa representación implica que modifique y estructure dichos conocimientos dotándolos de significado, por tanto, se puede sostener que la interpretación constructivista del pensamiento apunta al aprendizaje significativo.²⁵

²² Noy Sánchez, Luz Aparo. Estrategias de aprendizaje. Recuperado el 15 de abril de 2009. Disponible en Internet: www.portales.puj.edu.co/

²³ Lara Guerrero JUAN. Op cit.

²⁴ B-Learning y Teoría del Aprendizaje Constructivista en las Disciplinas Informáticas: Un esquema de ejemplo a aplicar. Disponible <http://www.formatex.org/micte2005/AprendizajeConstructivista.pdf>

²⁵ Lara Guerrero JUAN. Op cit.

Requisitos necesarios para el desarrollo del aprendizaje significativo-constructivista:

- ☑ Relacionar la una información con los conocimientos previos.
- ☑ El contenido debe ser potencialmente significativo.
- ☑ El alumno se ha de encontrar e una disposición o actitud favorable para aprender.
- ☑ El alumno debe poseer un repertorio de estrategias de aprendizaje.

5.1.1 Aprender Haciendo

“Dime algo y lo olvidaré, enséñame algo y lo recordaré, pero hazme partícipe de algo y lo aprenderé” -Proverbio chino-

“La mayor parte de las asignaturas que se cursan en las disciplinas académicas de las Ingenierías, específicamente del ámbito de la Informática, son asignaturas o áreas de conocimiento que requieren de un conocimiento que permita al alumno “aprender haciendo”, no sólo el análisis y la asimilación conceptual y teórica de herramientas y tecnologías, sino su correcto uso, manejo y resolución de supuestos prácticos.”²⁶



²⁶B-Learning y Teoría del Aprendizaje Constructivista en las Disciplinas Informáticas: Un esquema de ejemplo a aplicar. Disponible <http://www.formatex.org/micte2005/AprendizajeConstructivista.pdf>

5.1.2 Diseño de Actividades

Tomando como referente estudios que han orientado el diseño de prácticas de laboratorio, se muestra continuación algunos esquemas para la elaboración de actividades:

- En su informe de práctica²⁷, Simulación y experimentación como herramientas mediadoras del proceso de aprendizaje del Ingeniero Industrial, Hernández Reyes, Liliana Esther plantea la definición de manual de laboratorio como una guía para la realización de prácticas de laboratorio y los reportes correspondientes. Señala que las guías contienen en su presentación:
 1. Objetivos: se enumeran el objetivo general y los objetivos específicos de cada práctico.
 2. Marco Teórico: de manera breve y concreta se definen los conceptos teóricos a trabajar en la práctica.
 3. Material a utilizar: se mencionan las diferentes herramientas, software, equipos y materiales a utilizar para el desarrollo de la práctica.
 4. Procedimiento: se dan las instrucciones a ejecutar para el logro de los objetivos deben realizar análisis, comparaciones, síntesis, todo lo cual debe ser consignado en un informe.
 5. Bibliografía relacionada.

²⁷ Hernández Reyes, Liliana Esther. Simulación y experimentación como herramientas mediadoras del proceso de aprendizaje del Ingeniero Industrial. Universidad Pontificia Bolivariana. 2005

- El proyecto realizado por Enrique Rubio Royo y Gines Delgado Cejudo, titulado “Diseño de tareas según los diferentes Estilos de Aprendizaje”²⁸, propone el siguiente esquema para la elaboración de actividades:

1. Título de la actividad
2. Objetivos de aprendizaje
3. Recursos necesarios: Se describen aquellos elementos que el estudiante debe tener a su disposición para llevar a cabo la actividad
4. Descripción: Se expresa de forma clara y operativa en qué consiste la actividad prestando especial atención a lo que el estudiante debe “producir” como resultado de la realización de la actividad.
5. Orientaciones, sugerencias y pistas: En este apartado se incluyen aquellas orientaciones (bibliografía, documentos, textos, revistas, apuntes, etc.) que orientan al estudiante para la realización de la actividad.
6. Presentación de resultados: Se debe especificar claramente lo que debe entregar el estudiante como resultados, una vez que ha realizado la práctica, así como la forma de entregarlos.
7. Criterios de evaluación: En caso que proceda se deberán indicar los criterios por los que serán evaluados por el profesor los resultados de la actividad.
8. Valoración por el estudiante: Conviene recoger la valoración personal del estudiante sobre la actividad en sí misma. Puede materializarse en forma de encuesta en la que el estudiante reflejará su opinión sobre la práctica.

²⁸ ROYO, Rubio y DELGADO, Gines. Diseño de tareas según los diferentes Estilos de Aprendizaje. Recuperado el 20 de Abril de 2009. Disponible en Internet: <http://tecnologiaedu.us.es/estilosdeaprendizaje/Ponencias/Dise%F1o%20de%20tareas%20segun%20EE%20AA/Rubio%20Royo.doc>.

Para el diseño del esquema de las guías Introdutorias a la automatización se toman como referentes los anteriores modelos, ajustándolos al propósito de proponer soluciones a problemas específicos.

5.1.3 Evaluación del Aprendizaje

Evaluar es un proceso²⁹, por medio del cual se emite un juicio valor con respecto a un atributo o criterio, con la finalidad de tomar decisiones para mejorar el proceso de aprendizaje. La evaluación debe orientarse al desarrollo de competencias, capacidades, valores y auto-conocimiento del evaluado.

Funciones de la Evaluación:

- ✓ Retroalimentar tanto al docente como al estudiante acerca de la debilidad y o fortaleza
- ✓ Motivar al estudiante
- ✓ Calificar el aprendizaje

La evaluación se puede realizar a partir de instrumentos que se pueden clasificar por su forma de respuesta, por su tiempo para ser resuelta, por el tipo de respuesta, por el momento en que se aplica y por el proceso de elaboración y aplicación.

En el recorrido académico del verdadero conocimiento, basado en el desarrollo del pensamiento sistémico, se adquiere la capacidad y habilidad de desarrollar competencias que se convierten en herramienta básica del éxito profesional. Entre estas competencias están³⁰:

²⁹ Cadena, Guillermo. Gestión Pedagógica, guía práctica.

³⁰ Op cit. Cadena Guillermo.

- ✓ Interpretativa: Capacidad para confrontar el sentido de un texto, de una proposición, de un problema, de un esquema, de una teoría o de una propuesta
- ✓ Argumentativa: Capacidad de dar razón a una afirmación o negación, es decir, la articulación de los conceptos construidos y las teorías existentes.
- ✓ Propositiva: Capacidad para plantear hipótesis, resolución de problemas, construcción de mundos posibles, proponer alternativas de solución.

5.2 AUTOMATIZACIÓN

Se define automatización como “Sistema de producción en el que se usan máquinas en lugar de mano de obra”³¹; basados en esta definición se cae en la ambigüedad de pensar que la automatización no beneficia al ser humano; sin embargo la automatización es mucho más que eso, es la “Ejecución automática de tareas industriales, administrativas o científicas haciendo más ágil y efectivo el trabajo y ayudando al ser humano.”³² También se puede definir como la tecnología utilizada para realizar procesos o procedimientos sin la ayuda de las personas. Estas definiciones tienen algo en común y es que el ser humano no participa directamente en el desarrollo de los procesos, el ser humano fija o modifica instrucciones con el fin de obtener los resultados esperados.

Se pueden citar los siguientes argumentos a favor y en contra de la automatización. (Ver Tabla 3.)

Tabla 3. Argumentos a favor y en contra de la automatización

<i>En contra</i>	<i>A favor</i>
1. Dominación o sometimiento del ser humano por la máquina	1. La automatización es la clave para una semana laboral más corta

³¹ Glosario de Geografía A. (Recuperado el 15 de Junio de 2008) Disponible en internet: <http://club.telepolis.com/geografo/glosario/a.htm>

³² Glosario Biblioteca digital para discapacitados. (Recuperado el 15 de Junio de 2008). Disponible en Internet: <http://www.oit.or.cr/bidiped/Glosario.html>

<i>En contra</i>	<i>A favor</i>
2. Habrá una reducción en la fuerza laboral, con el resultante desempleo	2. Brinda condiciones de trabajo más seguras para el trabajador
3. La automatización reducirá el poder de compra.	3. La producción automatizada resulta en precios más bajos y en mejores productos
	4. El crecimiento de la industria de la automatización proveerá por si misma oportunidades de empleo
	5. Automatización es el único significado para incrementar el nivel de vida

Fuente: <http://sifunpro.tripod.com/automatizacion.htm>

En la siguiente Tabla 4. se resumen los beneficios e inconvenientes de la automatización. De los beneficios expuestos se puede concluir que “La justificación de la automatización de un proceso se puede dividir en cuatro (4) categorías de razones diferentes: la seguridad, humanización, la calidad y la racionalización”.³³

Tabla 4. Beneficios e inconvenientes de la automatización

Beneficios	Inconvenientes
Incremento de productividad de mano de obra. Incremento de calidad en los productos. Facilidad de control. Mayor seguridad en el trabajo. Disminución en las tareas pesadas y sensibles para el hombre. Reducción ciclo de fabricación. Costo de producción más bajo Incremento de capacidad. Reducción de inventarios. Incremento de ventas. Liberación del hombre en tareas repetitivas que requieren de poco o ningún esfuerzo mental. Posibilidad de repartir los costes fijos entre un mayor número de artículos. Integrar la gestión y la producción	Incremento de costes fijos. Incremento de mantenimiento. Reducción de flexibilidad de recursos. Incremento de mano de obra especializada. Ciclo de vida de la tecnología.

Fuente: Autor

³³ Porque automatizar? Razones y Justificación (Recuperado el 26 de Junio de 2008) Disponible en Internet: <http://mecatronica-portal.com/tag/automatizacion/>

Elementos básicos de un sistema automatizado: Para automatizar el proceso, el sistema deberá disponer de una serie de *captadores* y *accionadores* que son activados por los *pre-accionadores*. Los cuales se encuentran en la *maquina* donde se realiza el proceso, los elementos de *diálogo humano-máquina* y los *elementos de mando*. A su vez debe disponer de:

- ✚ Energía: para manejar el proceso así como los controladores. Puede ser energía eléctrica, mecánica, térmica o de fuentes alternas.
- ✚ Programa: para dirigir el proceso. Los pasos del ciclo de trabajo para manufacturar una pieza se encuentran en estos programas, los cuales contienen parámetros y variables del proceso.
- ✚ Sistema de control: para ejecutar las instrucciones. Pueden ser de dos tipos: Sistemas de control de ciclo cerrado y de ciclo abierto. Con el fin que el control del proceso sea efectivo, la información obtenida por los captadores debe ser suficiente y fiable

5.2.1 Tipos de Automatización

De acuerdo al proceso utilizado la automatización se clasifica en: ³⁴

- ✚ La neumática utiliza el aire comprimido para trabajar, hay que tomar en cuenta las máquinas que producen el aire comprimido (compresores) y aquellas que lo utilizan.
- ✚ La hidráulica hace parte de la automatización que usan los fluidos para poner a trabajar las máquinas.
- ✚ La mecánica es el uso de maquinas automáticas para sustituir las acciones humanas
- ✚ La electrónica es el campo de la ingeniería y de la física aplicada relativo al diseño y aplicación de dispositivos, por lo general circuitos electrónicos, cuyo

³⁴ Tipos (Recuperado el 22 de Junio de 2008) Automatización Disponible en Internet: <http://sifunpro.tripod.com/automatizacion.htm>

funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción, almacenamiento de información, entre otros.

✚ Software en la automatización: El control de procesos computarizado es el uso de programas digitales en computadora para controlar el proceso de una industria, hace el uso de diferentes tecnologías como el PLC. Cada día se requieren más y mejores programas para mantener o elevar la competitividad, bajar los costos, aumentar las ventas, aumentar la productividad y contar con la información a tiempo para la toma de decisiones.

✚ Aplicaciones de los Robots. En el manejo de materiales, operaciones de procesos en ensamble e inspección.

Antes de tomar la decisión de invertir en automatización las empresas han de emprender una serie de actividades para poder determinar con mayor certeza el tipo de tecnología a utilizar. La automatización de un proceso no conlleva a la mejora del mismo, muchas veces provocan resultados no deseados por no tener un plan de implantación que considere los riesgos del proceso y que desarrolle un proceso de implantación gradual. Tener en cuenta que la tecnología no soluciona los problemas de gestión de la organización. No todas las operaciones son susceptibles a ser automatizadas. Seleccionar cuidadosamente el momento de implantar el proyecto de automatización buscando las condiciones del entorno más adecuadas y contar con planes de formación y adaptación del personal que ha sido sustituido por la tecnología son algunas de las consideraciones a tener en cuenta para optar por determinada tecnología para automatizar los procesos.

Además de tener conocimiento del sector, de los procesos establecidos y de la tecnología existente, se requiere tener en cuenta los costos, calidad, capacidad, flexibilidad entre otras.

5.2.2 La Automatización de la Fabricación.

En las fábricas se pueden establecer tres categorías, la automatización de la planta productiva, las de tareas de ingeniería y la de las tareas de planificación y control.³⁵

5.4.2.1 Automatización de la planta: Para llevar a cabo este proceso es necesario contar con hardware y software especializado. Se utiliza tecnología automatizada sencilla o componentes directos³⁶ como:

- ✚ Robots Industriales se define como “una máquina manipuladora controlada automáticamente, reprogramable y de propósito general” (Federación Internacional de Robótica). Se programa un conjunto de movimientos repetitivos. En ambientes hostiles y en tareas monótonas los robots han tomado el lugar del hombre. El coste inicial de un robot depende de su tamaño y aplicaciones, también el coste de acomodación. Ventajas: Menos desperdicio de materiales, calidad más consistente y ahorro de mano de obra.
- ✚ Máquinas de control numérico son maquinas herramienta programadas para realizar desplazamientos a través de una lista de instrucciones a través de cintas magnéticas o perforadas. Ventajas: Flexibilidad, precisión, calidad, uniformidad, facilidad de control, incremento de la seguridad del trabajo.
- ✚ Máquinas herramientas de control numérico computarizado (CNC). Se adaptan microordenadores en cada máquina CN, lo que permite que los programas puedan ser almacenados localmente eliminando o reduciendo un buen número de los problemas. Ventajas: Mayor flexibilidad
- ✚ Sistemas de automatización para la manipulación de materiales. Incluye el proceso de transporte, almacenamiento, empaquetado, carga y descarga de materiales. Vehículos guiados por ordenador (AGVs) son vehículos de

³⁵ DOMÍNGUEZ, Op cit., Pág.331.

³⁶ Ibid., Pág.332.

pequeños tamaño alimentados eléctricamente, no necesita conductor y transportan materiales. Sistemas automáticos para el almacenamiento y recogida de los materiales (AS/RSs) piezas y herramientas: Un ordenador controla el sistema; por medio de un vehículo puede recibir y enviar materiales.

- ✚ Sistemas flexibles de fabricación (FMS): Sistema productivo con diferentes características y capacidades. La definición más acertada es la de Parrish, 1993, el cual lo considera como un “sistema controlado por un ordenador central que conecta varios centros o estaciones de trabajo informatizados con un sistema de manipulación de materiales”.

5.4.2.2 Automatización de la ingeniería: Actualmente las funciones de ingeniería que preceden y apoyan el proceso productivo están siendo cada vez más automatizadas. Las tecnologías que apoyan la ingeniería sea de diseño o de procesos son las siguientes:

- ✚ Ingeniería Automatizada de diseño: El proceso de diseño ha ido evolucionado, centrándose en las especificaciones más concretas que permiten alcanzar las características funcionales y estéticas deseadas, por tal motivo los ordenadores han jugado un papel fundamental por los sistemas que se han desarrollando para ocuparse de tareas más específicas de la Ingeniería del diseño (CAD) y el análisis de ingeniería (CAE).

Diseño asistido por computador (CAD): Es un proceso de diseño informatizado para la creación de nuevos productos y la modificación de los ya existentes. “Es una herramienta que permite el uso del computador para crear y modificar planos y modelos en 2 y 3 dimensiones manipulando de una manera precisa y sencilla elementos geométricos básicos”³⁷ Los diseños gráficos resultantes permiten a los fabricantes, clientes y proveedores, generar una idea final del producto y realizar modificaciones y sugerencias si es necesario. Con datos

³⁷ Diplomado Automatización y mejoramiento de equipos. Mg Eduardo Calderón Porras

almacenados, se pueden realizar fácilmente planos y listados de especificaciones, a su vez se puede utilizar para almacenar, recuperar y clasificar con el fin de formar tecnologías de grupos que den paso a una automatización más flexible. De la misma manera se puede guardar estos datos en el ordenador para ser más adelante utilizados por otras funciones en la fabricación asistida por ordenador (CAM).

Entre las ventajas del CAD en tres dimensiones se tiene, el mejorar el tiempo de respuesta a las necesidades iniciales y modificaciones de los clientes. Disminuyen el costo de la creación de planos, dibujos, croquis, se proporcionan información precisas para toma de decisiones futuras, eliminan tareas de delineación, ahorro de tiempo, posibilidad de corregir errores en la fase de diseño, productos con mayor calidad y precisión.

Ingeniería Asistida por ordenador (CAE) es una herramienta de simulación que permite probar los productos en determinadas características físicas y propiedades, realizando análisis numérico disminuyen tiempo y costos en la construcción de prototipos.

La ventaja más relevante en la implementación de sistemas CAD / CAE son la reducción en costos y en tiempo de respuesta a las necesidades del mercado. Entre otras ventajas se encuentra el incremento de la flexibilidad del producto, de las modificaciones, mejoras en el acceso a diseños, mejora de la calidad y mejora de la productividad.

- ✚ Ingeniería Automatizada de fabricación. “A partir de la información de la pieza, del tipo de operación deseada, de la herramienta elegida y de las condiciones

de corte definidas, el sistema calcula las trayectorias de la herramienta para conseguir el mecanizado correcto”³⁸.

5.2.3 La Automatización de los servicios

Para lograr la automatización de los servicios es necesario realizar una estandarización de los mismos, esto provoca un rechazo por parte del cliente al querer un servicio personalizado, pero lo hace llamativo al reducir el precio y el tiempo de prestación del mismo. En la actualidad la creciente flexibilidad de la automatización ha permitido de los servicios sean cada vez más personalizados. Las nuevas tecnologías pueden desempeñar en las empresas de servicio las siguientes funciones³⁹:

- ✚ Incremento del conocimiento de las necesidades de los clientes y de los servicios de la empresa.
- ✚ Simplificar el servicio eliminando etapas innecesarias.
- ✚ Personalización del servicio permitiendo la adaptación de forma automática a las preferencias del cliente a través de la información inicial proporcionada por él.
- ✚ Incremento de la fiabilidad evitando errores humanos.
- ✚ Mejora de las comunicaciones permite la coordinación de distintas sucursales alejadas geográficamente.
- ✚ Incremento de la productividad y mayor rapidez en la prestación del servicio.
- ✚ Reducción de coste al reducir los costes laborales directos y logrando economías de escala.

³⁸ Diplomado Automatización y Mejoramiento de equipos. Mg Eduardo Calderón

³⁹ Thomson. Manual de Dirección

Las principales modalidades de automatización de los servicios son⁴⁰:

- ✚ Cajeros automáticos y servicios de transferencia electrónica.
- ✚ Intercambio electrónico de datos (EDI)
- ✚ Servicios de información electrónica
- ✚ Sistemas de mensajería electrónica
- ✚ Sistemas de comunicación e información conectados
- ✚ Códigos de barra
- ✚ Sistemas informatizados para la gestión de la superficie de ventas.

⁴⁰ DOMÍNGUEZ, Op. cit., Pág.358.

6. COMPENDIO DE GUÍAS INTRODUCTORIAS A LA AUTOMATIZACIÓN

6.1 MATERIAS EN LAS CUALES SE PUEDE INTRODUCIR EL CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN.

Dado que entre los objetivos de la automatización se encuentran⁴¹:

- ✓ Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- ✓ Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- ✓ Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- ✓ Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- ✓ Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- ✓ Integrar gestión y producción.

En relación con estos objetivos, las asignaturas en las cuales la automatización es un elemento tecnológico a desarrollar son las que conforman la línea de producción de bienes y servicios del plan de estudios de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Estas asignaturas son: Procesos de Producción, Control de Calidad, Localización y distribución de planta, Planeación y Control de Producción y Logística de Distribución. Sin embargo, es necesario introducir y motivar a los estudiantes de niveles inferiores en la temática; en las asignaturas de: Introducción a la Ingeniería Industrial,

⁴¹ ¿Qué es un sistema automatizado? (Recuperado el 20 de Agosto de 2008) Automatización. Disponible en Internet:
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>

Introducción al pensamiento sistémico e Informática para Ingenieros Industriales,
(Ver tabla 5.)

Tabla 5. Guía propuesta Vs. Materias Ingeniería Industrial

Guía	Materia	Tema
1	Introducción a la Ingeniería Industrial	Desafíos del Ingeniero Industrial
2	Introducción al pensamiento Sistémico	Qué es un sistema y elementos de un sistema
3	Procesos de producción	Elaboración del diseño del producto
4	Localización y distribución de planta	Distribución y flujo
5	Control de Calidad	Herramientas para la recolección de información
6	Informática para Ingenieros	Simulación
7	Planeación y Control de la Producción	Mejoramiento de las operaciones
8	Logística de Distribución	Sistema logístico de la empresa
9	Logística de Distribución	Centros de Distribución

Fuente: Autor

Básicamente en este modulo introductorio se hará uso de tecnologías blandas (software) con el fin de explicar temas como CAD, CAE, CAM, Sistemas SCADA, Simulación, entre otros.

6.2 REQUERIMIENTOS PARA DESARROLLAR LA GUÍA PROPUESTA

A continuación se presenta un listado con los recursos de software, talento humano y pre-saberes del estudiante necesarios para llevar a cabo la guía propuesta.

Tabla 6. Listado de Recursos

GUÍA	Recurso Software	Talento Humano	Pre-saberes del estudiante
1	No requiere software	Docente o tutor con conocimiento de manejo de software y temas relacionados con automatización	Ninguno
2	No requiere software		Ninguno
3	Licencia Solid Edge		Sistemas CAD
4	Licencia WinQSB		Balanceo de Línea
5	Licencia LabVIEW		Ninguno
6	Licencia Promodel		Ninguno
7	Licencia Promodel		Nivel Medio: Manejo de software, Teoría de restricciones, tiempo de ciclo, trabajo en proceso, componentes automatizados, simulación
8	Licencia Promodel		Nivel Medio: Manejo de software, concepto logística, EDI
9	Licencia Promodel		Nivel Medio: Manejo de software, Almacenamiento, WMS

Fuente: Autor

6.3 GUÍAS PROPUESTAS

6.3.1 Guía 1. Introducción a la Automatización:

Al finalizar la guía 1. Introducción a la automatización el estudiante estará en la capacidad de definir automatización, teniendo claro los objetivos que busca y su alcance, a su vez, conocer los tipos y niveles de automatización y algunos de los elementos que conforman un sistema automatizado, profundizando en los autómatas programables (PLC).

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small>	GUÍA N° 1	Duración: 30 mín
	Introducción a la Automatización	
	Unidad: Desafíos del Ing. Industrial	

OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer la definición y los componentes básicos de la automatización y los autómatas Programables (PLC).

RECURSOS

Material Guía 1. Introducción a la Automatización

CONTENIDO MARCO TEÓRICO

Automatización

- ✓ Definición de Automatización.
- ✓ Objetivos.
- ✓ Tipos de Automatización.
- ✓ Niveles de Automatización.
- ✓ Elementos de un sistema automatizado.

Autómatas programables (PLC – Controlador lógico programable))

- ✓ Definición de PLC.
- ✓ Funciones de un PLC.
- ✓ Ventajas.
- ✓ Desventajas.

DESARROLLO

¿Qué es Automatización?

El término Automatización viene de la palabra griega “auto” y significa “uno mismo”⁴² por lo tanto se puede definir como la “ejecución automática de tareas industriales, administrativas o científicas haciendo más ágil y efectivo el trabajo y ayudando al ser humano.”⁴³ Es decir “cualquier tarea realizada por máquina en lugar de personas”⁴⁴ se le denomina automatización.

Se distinguen tres fases en el desarrollo de la automatización; la primera en la que el componente central es mecánico, en la segunda fase, el desarrollo se debe a la introducción de los componentes eléctricos y electrónicos; y una última fase donde se hace uso de la computación y la informática. En el momento actual se puede afirmar que la mayoría de los procesos automatizados están controlados por autómatas programables (PLC).

Los objetivos de la automatización son⁴⁵:

- ✓ Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- ✓ Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- ✓ Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- ✓ Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarios en el momento preciso.

⁴² Listado de Prefijos. Recuperado el 4 de Agosto de 2008. Cultura General. Disponible en Internet: http://www.culturageneral.net/Humanidades/Lenguaje/Prefijos_y_Sufijos/

⁴³ (Disponible en internet: <http://www.oit.or.cr/bidiped/Glosario.html>. Recuperado el 25 de Agosto de 2008).

⁴⁴ Recuperado el 25 de Agosto de 2008. (Disponible en internet: http://www.roboticaeducativa.udec.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=4&Itemid=5. Recuperado el 25 de Agosto de 2008).

⁴⁵ ¿Qué es un sistema automatizado? (Recuperado el 20 de Agosto de 2008) Automatización. Disponible en Internet: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>

- ✓ Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- ✓ Integrar gestión y producción.

Tipos de Automatización

En la automatización existen tres (3) tipos los cuales son⁴⁶:

- ✓ Automatización fija, línea de flujo automatizada o automatización dura: Inflexible en adaptarse a cambios en el producto, es útil para altos índices de producción en demanda y volumen.
- ✓ Automatización programable: Permite realizar cambios en la configuración del producto. Es un proceso reprogramado para tratar con diferentes productos.
- ✓ Automatización flexible: Producción continua de mezclas variables de productos. Con este tipo de automatización se puede conseguir repetitividad cuando los volúmenes son bajos. Hay un programa para cada producto y el operador proporciona las instrucciones apropiadas para cambiar de proceso siempre que sea necesario.

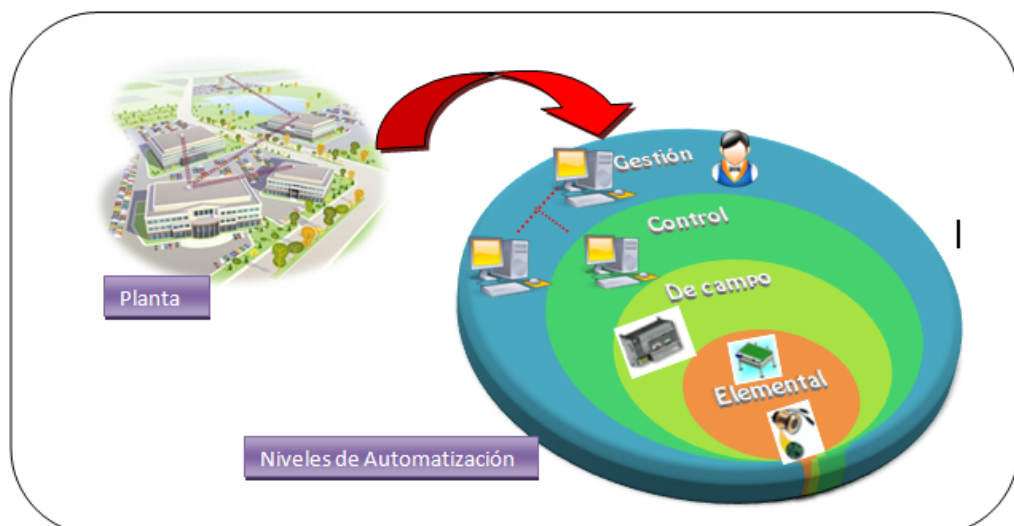
Niveles de la Automatización

La evolución de la automatización de los procesos internos puede estructurarse en cuatro niveles, tres de estos se ubican dentro de los niveles jerárquicos de una organización (estratégico, táctico y operacional). Y un cuarto nivel que brinda soluciones integrales con el fin de que las aplicaciones adoptadas por los departamentos se desarrollen de manera coherente y única.

⁴⁶ Tipos de Automatización (Recuperado el 22 de Junio de 2008) Automatización Disponible en Internet: <http://sifunpro.tripod.com/automatizacion.htm>

- ✓ El nivel elemental u operacional es asignado a una máquina o proceso sencillo, principalmente se utilizan para realizar tareas de vigilancia de tiempos muertos, posicionamiento de piezas y funciones de seguridad; se realiza a través de los actuadores y sensores.
- ✓ El nivel intermedio (de campo) o nivel táctico es el uso de un conjunto de máquinas elementales o de una compleja; se hace uso de PLC's (Programmable Logic Controller), PC's, bloques de e/s, controladores y transmisores.
- ✓ Nivel de control o estratégico comprende un proceso completo, además del control elemental se ejercen actividades de mantenimiento, control de calidad, supervisión y optimización.
- ✓ En el nivel de gestión se presenta la integración, aplicaciones de red, la supervisión del producto y las estaciones de trabajo. Este nivel da lugar a la manufactura asistida por computador (CIM - Computer Integrated Manufacturing-). (Ver Figura 1.)

Figura 1. Nivel de Automatización

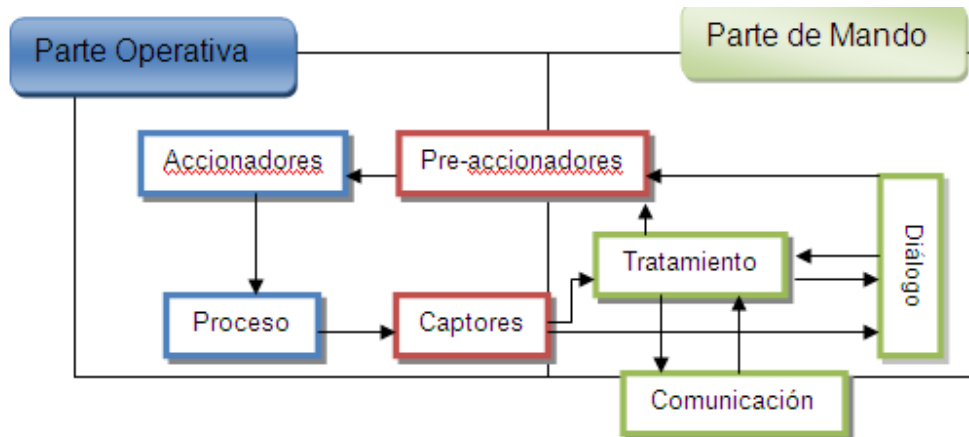


Fuente: Introducción a las redes de comunicación industrial. Automatización industrial

Elementos de un sistema Automatizado

Un sistema automatizado consta de dos partes principales⁴⁷:

Figura 2. Partes Sistema Automatizado



Fuente: Diplomado automatización y mejoramiento de equipos Mg. Eduardo Calderón

✚ La *Parte Operativa* es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son:

- ✓ Los *captadores* como fotodiodos o finales de carrera. Informan al órgano de mando del estado del sistema o de los eventos que suceden en él. Detectan posición, presión, temperatura, caudal, velocidad, aceleración entre otras señales.
- ✓ Pre-accionadores Sirven para comandar y activar los accionadores. Son variadores de velocidad o electroválvulas. Existen pre-accionadores eléctricos y neumáticos.
- ✓ Los *accionadores* acoplados a las máquinas para realizar movimientos y calentamientos; son motores de corriente continua,

⁴⁷ ¿Qué es un sistema automatizado? (Recuperado el 18 de Junio de 2008) Disponible en Internet: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>

motores de corriente alterna, cilindro neumáticos, compresores. Existen accionadores eléctricos, neumáticos e hidráulicos.

- ✚ La *Parte de Mando* suele ser un autómata programable (PLC), está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado.

Los elementos que forman la parte de Mando son:

- ✓ *Elementos de diálogo humano-máquina*: Permite el diálogo entre el operador y la unidad de control. Pueden ser pilotos, pulsadores, teclados, visualizadores.

Figura 3. Ejemplos de pilotos, pulsadores, teclados y visualizadores



Fuente: Recuperado en: <http://www.interempresas.net/FotosArtProductos/P20243.jpg>

- ✓ *Elementos de mando*: Son los elementos de cálculo y control que comandan el proceso. Suelen ser autómatas programables (este tema se profundiza más adelante) u ordenadores de Control Industrial.

AUTÓMATAS PROGRAMABLES (PLC – Controlador lógico programable)

Un PLC es una “computadora especializada basada en un microprocesador que se encarga de diferentes funciones de control de muchos tipos y niveles de complejidad. Su propósito general es monitorear parámetros cruciales de un proceso y ajustar las condiciones de operación del mismo de acuerdo a las necesidades de la empresa.”⁴⁸

El autómata programable se organiza alrededor de la unidad central y la comunicación con los módulos se establece mediante un bus interno. A este bus se le pueden conectar módulos de funciones específicas como pueden ser módulos de entradas-salidas digitales, módulos de entradas-salidas analógicas, módulos de comunicación, módulos de posicionamiento, tarjetas electrónicas, microcontroladores o elementos específicos dedicados para el control.

Figura 4. Componentes de un PLC



Fuente: http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/APUNTES_CURSO/CAPITUL2.PDF

⁴⁸ Elizondo Ana y otros. Introducción a los controladores lógicos programables (PLC). 2003. (Recuperado 14 de Octubre de 2008). Generalidades. Disponible en Internet: <http://www2.eie.ucr.ac.cr/~valfaro/docs/monografias/0302/ucr.ie431.trabajo.2003.02.grupo09.pdf>

La estructura de cualquier autómata es la siguiente:

- ✓ Fuente de alimentación.
- ✓ CPU
- ✓ Módulo de entrada
- ✓ Módulo de salida
- ✓ Terminal de programación
- ✓ Periféricos

La configuración física de un autómata se puede presentar en tres formas principales

- ✚ *Autómatas compactos:* Incorporan en la unidad central los módulos de entrada-salida (E/S) e incluso el acoplador de comunicaciones. Su potencia de proceso suele ser muy limitada, dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando. Sus reducidas dimensiones permiten que se incorporen a la propia máquina.

Figura 5. PLC's Compactos y Modulares



Fuente: http://www.precicon.com.sg/Portals/28/Images/PLCs/Omron_CP1H.jpg

- ✚ *Autómatas semimodulares:* Automatizaciones de gama media. Están limitados a sus posibilidades de ampliación, su potencia de proceso. Se caracteriza por separar las E/S del resto del autómata, de tal forma que en

un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S.

- ↳ *Autómatas modulares:* Gama alta, permiten gran flexibilidad en su constitución

Funciones del autómata programable⁴⁹:

- ↳ *Detección:* Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- ↳ *Mando:* Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los preaccionadores y accionadores.
- ↳ *Diálogo Humano – Máquina:* Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informarles del estado del proceso.
- ↳ *Programación:* Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación de autómata. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la máquina.
- ↳ *Redes de comunicación:* Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real.
- ↳ *Sistemas de supervisión:* También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.
- ↳ *Control de procesos continuos:* Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID (regulador lineal) que están programados en el autómata.

⁴⁹ Funciones básica de un PLC. (Recuperado el 9 de Septiembre de 2008) El PLC. Disponible en Internet: http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm#Funciones%20básicas%20de%20un%20PLC

- ↳ *Entradas- Salidas distribuidas:* Los módulos de entrada - salida pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.
- ↳ *Buses de campo:* Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus, captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

Ventajas del PLC

- ↳ *Flexibilidad:* Un modelo de PLC puede controlar varias máquinas diferentes, cada una con su programa propio.
- ↳ *Implementación de cambios y corrección de errores:* Cuando se decide cambiar un programa o parte de él, se puede realizar desde un dispositivo de entrada (teclado).
- ↳ *Bajo costo:* el incremento de la tecnología ha posibilitado introducir mayor cantidad de funciones en espacios más reducidos y más baratos.
- ↳ *Prueba piloto:* El PLC programado puede ser probado para evaluarlo en condiciones de laboratorio; de esta forma se realizan las modificaciones necesarias para que trabaje correctamente en el campo.
- ↳ *Velocidad de operación:* La velocidad de operación de un programa de PLC es bastante rápida.
- ↳ *Seguridad:* No puede realizarse un cambio en el programa del PLC a menos que éste sea debidamente intervenido.

Desventajas del PLC:

- ↳ *Tecnología nueva:* puede resultar difícil cambiar el modo de pensar de algunas personas de los relés a un concepto más computarizado como el PLC.
- ↳ *Aplicaciones de programas fijos:* algunas aplicaciones son de función simple, es decir, su operación no se cambia nunca o casi nunca.

- ↳ Consideraciones ambientales: las condiciones ambientales en que se desarrollan ciertos procesos, como alta temperatura y vibraciones, producen interferencias en los dispositivos electrónicos del PLC.

BIBLIOGRAFÍA

DOMÍNGUEZ M, José Antonio. Dirección de Operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Mc Graw Hill.

¿Qué es un sistema automatizado? (Recuperado el 20 de Agosto de 2008)
Automatización. Disponible en Internet:
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>.

Funciones básica de un PLC. (Recuperado el 9 de Septiembre de 2008)EL PLC.
Disponible en Internet: http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm#Funciones%20básicas%20de%20un%20PLC

**PÓNGASE A
PRUEBA**

Relacione el término con su definición, ubicando en la columna el número que corresponda.

TÉRMINO		DEFINICIÓN	
1	Autómatas modulares		Computadora especializada basada en un microprocesador que se encarga de diferentes funciones de control de muchos tipos y niveles de complejidad.
2	Accionadores		
3	Parte de Mando		Ejecución automática de tareas industriales, administrativas o científicas haciendo más ágil y efectivo el trabajo ayudando al ser humano
4	Nivel de Campo		
5	Bus Interno		PLC que permite gran flexibilidad en su constitución
6	Automatización programable		Centro del sistema Automatizado, debe ser capaz de comunicarse con todos sus componentes.
7	Pre-accionadores		Nivel de Automatización que da lugar a la manufactura asistida por computador
8	Automatización		Fuente de alimentación, CPU, Módulo de entrada, Módulo de salida, terminal de programación, periféricos
9	Automatización flexible		
10	Captadores		Permite establecer comunicación con los módulos.
11	Autómata programable		Flexibilidad para lidiar con cambios en la configuración del producto, conveniente para la producción masiva
12	Autómatas Compactos		
13	Estructura PLC		Sirven para comandar y activar los accionadores
14	Nivel de Gestión		Detectan posición, presión, temperatura, caudal, velocidad, aceleración entre otras señales
15	Unidad Central		

Para Pensar

- ✓ Qué Importancia tiene para Ud. como Ingeniero Industrial los temas tratados.

6.3.2 GUÍA 2. Introducción a CAD/CAE/CAM

Proporcionar al estudiante nociones y conceptos básicos de CAD / CAM / CAE, como sistemas de automatización que comprende los procesos de transporte, almacenamiento, conformado, montaje y expedición de productos.

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small>	GUÍA N° 2	Duración: 30 mín
	Introducción a CAD/CAE/CAM	
	Unidad: Que es un sistema y elementos del sistema	

OBJETIVO GENERAL

Proporcionar nociones y conceptos básicos de los sistemas de automatización CAD (diseño asistido por computador), CAM (fabricación controlada por computador), CAE (ingeniería asistida por computador).

RECURSOS

Material Guía 2. Introducción a CAD/CAE/CAM

MARCO TEÓRICO

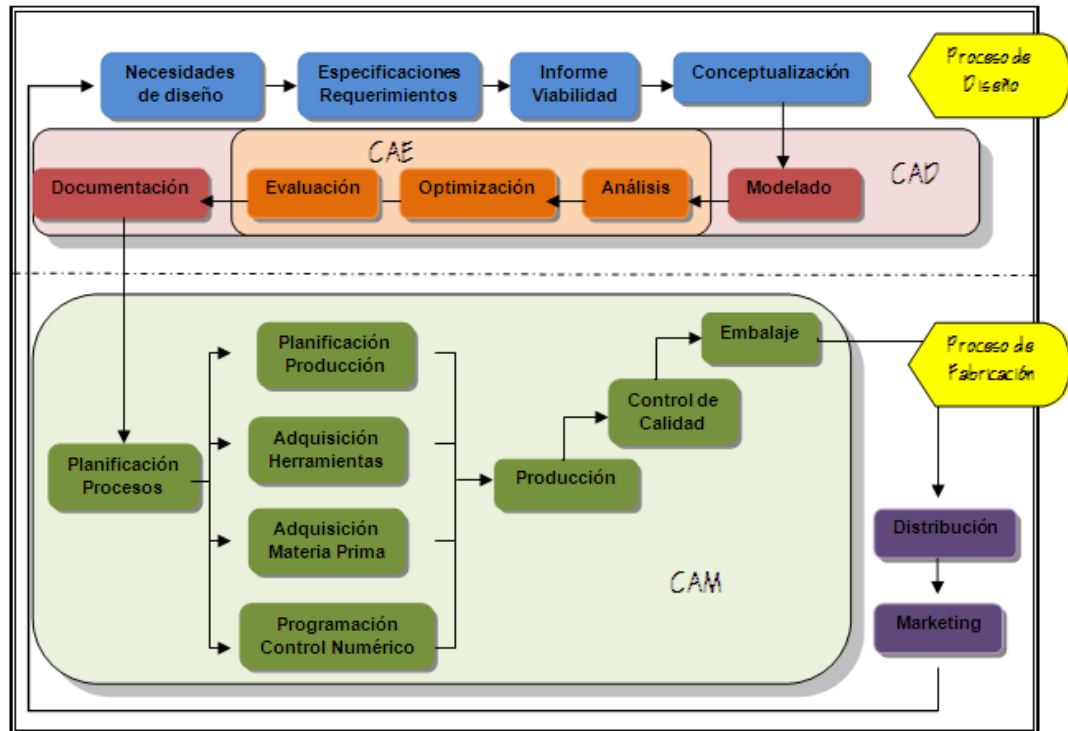
La automatización de los procesos industriales se ha podido llevar a cabo gracias a factores como las tecnologías de información y comunicación, el aumento del uso de los computadores, el avance en el campo mecánico, el control y la regulación de sistemas y procesos. Estos avances se ven reflejados en el desarrollo de aplicaciones informáticas que apoyan el diseño, la ingeniería y fabricación de los productos y servicios que permite la reducción de costos, el aumento de la productividad y la calidad de estos. “La incorporación de los computadores en la producción es, sin lugar a dudas, el elemento puente que está permitiendo lograr la automatización integral de los procesos industriales.”⁵⁰

En la figura 6. Ciclo de producto típico se puede apreciar que “desde el análisis del diseño inicial de los productos hasta la concepción de los procesos de producción, las funciones de ingeniería que preceden y apoyan a la fabricación están siendo

⁵⁰ Diseño Esquemático de Procesos Industriales. (Recuperado el 5 de Enero de 2009). Sistemas CAD/CAM/CAE. Disponible en Internet: <http://proton.ucting.udg.mx/tutorial/patino/orcad/index.html>

automatizadas de forma creciente.”⁵¹ Y es allí donde recae la importancia que todo ingeniero industrial conozca y haga uso de estas herramientas.

Figura 6. Ciclo de Producto Típico



Fuente: <http://www3.uji.es/~jperis/dfao/apuntes/tema1.pdf>

El Diseño asistido por computador por sus siglas en ingles CAD (**C**omputer **A**ided **D**esign) se define como el “uso de computadoras para el dibujo interactivo de ingeniería y almacenamiento de los diseños”⁵². Un programa de CAD, permite crear, manipular y representar productos en 2 y 3D. A su vez se puede simular el funcionamiento del producto antes de su producción.

En el proceso de diseño: se pueden visualizar detalles del modelo, comprobar colisiones entre piezas, interrogar sobre distancias, pesos, inercias, etc. En

⁵¹ DOMÍNGUEZ M, José Antonio. Dirección de Operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Mc Graw Hill. Pág. 345

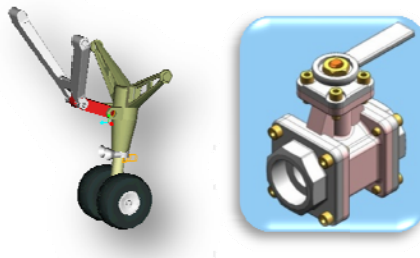
⁵² GAITHER, Norman. Administración de producción y operaciones. Octava Edición. International Thomson Editores. Pág. 171

conclusión, se optimiza el proceso de creación de un nuevo producto reduciendo costes, ganando calidad y disminuyendo el tiempo de diseño.

Los modelos tridimensionales paramétricos creados en un sistema de CAD son⁵³:

- ✓ Modelo de alambre “wireframe”
- ✓ Modelo de superficie
- ✓ Modelo de Análisis Sólidos.

Figura 7. Piezas desarrolladas en Sistema CAD



Fuente: Recuperado en: <http://www.cadverter.com/images/stepap203.gif>
http://manufacturing.cadalyst.com/manufacturing/data/articlestandard/manufacturing/272006/353872/07solid-edge_Fig5b.jpg

Ventajas de un sistema CAD

- ✓ Producción más rápida de dibujos, con mayor precisión, más limpia y no repetida.
- ✓ Análisis y cálculos de diseños más rápidos: técnicas de simulación, que permiten ahorrar dinero en ensayos con prototipos.
- ✓ Mejor intercambio de datos.
- ✓ Integración del diseño con otras disciplinas: Incremento de la productividad.
- ✓ Es fácil de usar, no se exige grandes esfuerzos.
- ✓ Económico, permite el rápido retorno de la inversión.
- ✓ Aumenta la automatización.

“El hardware central o configuración física del sistema consiste en una estación de trabajo dotada de un ordenador, elementos para el dibujo y un amplio conjunto de

⁵³ ROJAS, Oswaldo. Diseño asistido por Computador.

software de diseño que permite al diseñador la manipulación de formas geométricas.”⁵⁴ El CAD se puede comparar con un taller con las herramientas e instalaciones necesarias para construir un modelo. Entre los software se puede resaltar el Auto CAD, Wavefront, Unigraphics, Solid Edge y Solid Works, CATIA entre otros.

Ahora bien, la ingeniería asistida por computador (CAE- **C**omputer **A**ided **E**ngineering), es un “sistema de proceso integrado que incluye todas las funciones de la ingeniería que va desde el diseño propiamente dicho hasta la fabricación. Dispone de programas que permiten calcular las propiedades, condiciones a las que está sometido, los materiales, cómo va a comportarse la pieza en la realidad, en aspectos tan diversos como deformaciones, resistencias, características térmicas, vibraciones, etc.”⁵⁵

Una vez el sistema CAD se conecta a equipos de fabricación controlados por computador se crea un sistema integrado CAD/CAM (**C**omputer **A**ided **M**anufacturing), el cual ofrece grandes ventajas de control, eliminación de los errores del operario, reducción de costos de mano de obra y mantenimiento de la maquina y / o herramienta.

“Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos (ordenes) almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. Este control numérico por Computadora (CNC) describe las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la geometría de formas de los

Figura 8. Sistema CAM



Fuente: Recuperado en:
<http://www.lanik.com/modulos/UsuariosFtp/conexion/image337A.jpg>

⁵⁴ DOMÍNGUEZ M, José Antonio. Dirección de Operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Mc Graw Hill. Pág. 345

⁵⁵ VIVANCO Berrocal, Genaro y otros. Enero 2008. Recuperado el 4 de febrero de 2009. Como definir necesidades informática de fabricación. Disponible en Internet: <http://www.slideshare.net/gvivanco/necesidades-informaticas>

componentes creando archivos informáticos especializados o programas de piezas.”⁵⁶

“La Manufactura Integrada por Computadora (CIM) aprovecha plenamente el potencial de esta tecnología al combinar una amplia gama de actividades asistidas por computadora”⁵⁷ que pueden incluir el control de existencias, el cálculo de costos de materiales y el control total de cada proceso de producción. Se basa en tres políticas básicas: simplificar, automatizar e integrar. Esto ofrece una mayor flexibilidad al fabricante, permitiendo a la empresa responder con mayor agilidad a las demandas del mercado y al desarrollo de nuevos productos.

Beneficios del CIM⁵⁸

- ✓ Reducción de Inventarios.
- ✓ Aumento de la eficiencia en la automatización del espacio de la fábrica y de las zonas de almacén.
- ✓ Reducción en el tiempo de preparación de la maquinaria.
- ✓ Reducción en los costes de mano de obra directa e indirecta.
- ✓ Reducción en los tiempos de manufactura.

⁵⁶ VIVANCO Berrocal, Genaro y otros. Enero 2008. Recuperado el 4 de febrero de 2009. Como definir necesidades informática de fabricación. Disponible en Internet: <http://www.slideshare.net/gvivanco/necesidades-informaticas>

⁵⁷ BARRERA Durango, José Alfredo. Tecnologías CAD/CAM/CNC/CIM. Recuperado el 4 de febrero de 2009) Vanguardia en diseño y tecnología. Disponible en Internet: http://www.unicordoba.edu.co/revistas/vieja_industrialaldia/documentos/ed.1/tecnologiasCAD-CAM-CNC-CIM.pdf

⁵⁸ VIVANCO Berrocal, Genaro y otros. Enero 2008. Recuperado el 4 de febrero de 2009. Como definir necesidades informática de fabricación. Disponible en Internet: <http://www.slideshare.net/gvivanco/necesidades-informaticas>

BIBLIOGRAFÍA

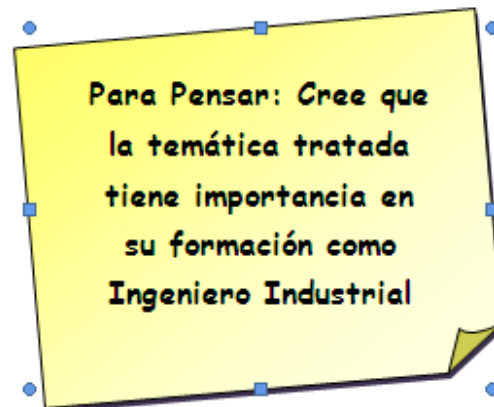
DOMÍNGUEZ M, José Antonio. Dirección de Operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Mc Graw Hill.

VIVANCO Berrocal, Genaro y otros. Enero 2008. Recuperado el 4 de febrero de 2009. Como definir necesidades informática de fabricación. Disponible en Internet: <http://www.slideshare.net/gvivanco/necesidades-informaticas>



Responder

1. Definir los conceptos CAD- CAM- CAE.



6.3.3 GUÍA 3. Introducción a Solid Edge

A través de esta guía se conoce Solid Edge, guiando al estudiante paso a paso en la creación de un modelo sencillo en 3D y explicando el entorno y algunas herramientas e iconos.

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small>	GUÍA N° 3	Duración: 40 min
	Introducción Solid Edge	
	Unidad: Elaboración del diseño del producto	Nivel de Experticia: Bajo

OBJETIVO GENERAL

Conocer Solid Edge como una herramienta CAD para el desarrollo de modelos 3D.

RECURSOS

Software Solid Edge ST

MARCO TEÓRICO

CAD acrónimo de Computer Aided Design (diseño asistido por computador) son tecnologías informáticas que sirven para modelar y representar de manera virtual objetos, piezas, conjuntos como ayuda al diseño o desarrollo de un producto.

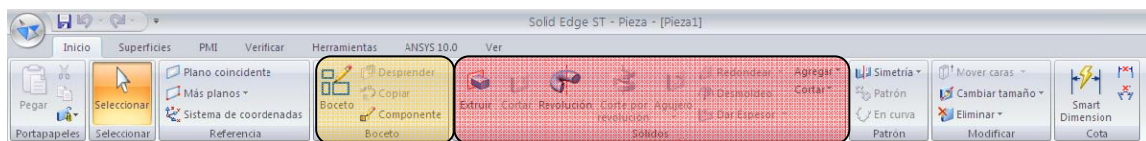
Solid Edge es un software CAD para el modelado de conjuntos y piezas mecánicas en 3D, la producción de planos en 2D, soldadura, análisis de esfuerzos mecánicos, simulación de movimientos y simulación de mecanismos, entre otras aplicaciones. Solid Edge ofrece una excelente productividad para el diseño, la consecución de planos de piezas y ensamblajes para ayudar a visualizar productos en un menor tiempo y con mayores garantías técnicas para una creación futura.

Solid Edge® with Synchronous Technology es la nueva versión desarrollada por SIEMENS, es una versión innovadora que ofrece facilidad de uso al manejar entorno Microsoft, combina la velocidad y la flexibilidad del modelado explícito con el control y la previsibilidad del diseño parametrizado. Brinda mayor

compatibilidad; es el único programa capaz de trabajar sin ningún tipo de problema con proyectos realizados con diferentes programas de diseño mecánico de CAD.

Con el fin de proporcionar una experiencia de diseño más fluida y flexible, Solid Edge utiliza una estructura de comandos reducida (ver Figura 9) y no tiene dependencias de operaciones. Una arquitectura unificada de comandos 2D/3D racionaliza los pasos de modelado permitiendo crear bocetos de perfiles 2D independientemente de la geometría en 3D. Los perfiles o regiones se utilizan pues para regenerar la geometría en 3D directamente desde la ventana de modelado en 3D.

Figura 9. Entorno estructura de comandos



Fuente: Autor a partir del software Solid Edge ST

Ver **Video** de las nuevas características de Solid Edge ST en el siguiente link:
<http://www.solidedge.es/>

PROCEDIMIENTO

Como ejercicio para familiarizar al estudiante con el entorno de Solid Edge se propone realizar el tornillo de la Figura 10. Se usarán comandos de extrusión (protusión), vaciado, rosca entre otros.

Figura 10. Tornillo a Modelar con Solid Edge





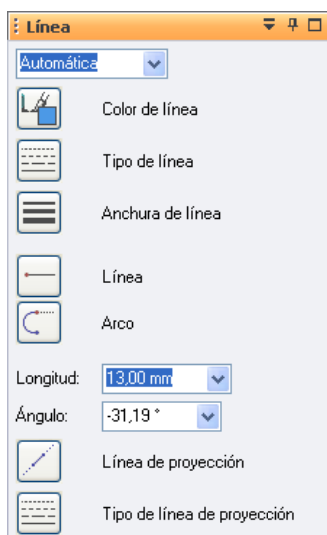
Al abrir el programa seleccionar *Traditional ISO Part*. El primer paso para construir cualquier pieza nueva es construir una operación base (en este caso un hexágono de 13 mm en cada uno de sus lados y una altura de 4 mm). Para comenzar a diseñar el tornillo, se selecciona el icono extruir  del menú de sólidos. A continuación se elige el plano donde se va a trabajar. *Plano (xy) coincidente*. En el entorno boceto, seleccionar el icono de la línea  como herramienta de dibujo y en la ventana que se muestra en la figura 11. Ingresar los datos en longitud (13 mm) y ángulo (-31,19°).

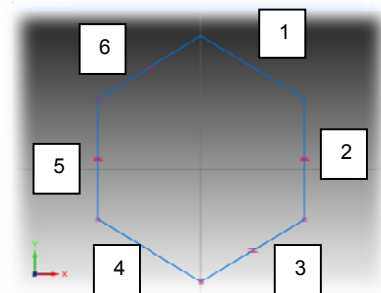
Figura 11. Crear Boceto para el tornillo



Fuente: Autor a partir del software Solid Edge ST

Con esas instrucciones se crea la línea señalada con el número 1 en la figura 12. Está se ubica haciendo clic en el eje y.

Figura 12. Creando la base



Fuente: Autor

Se dibuja la línea dos ingresando en la longitud 13 mm y ángulo de 90°. Dibujar la línea tres con la misma longitud y luego centrar el dibujo.



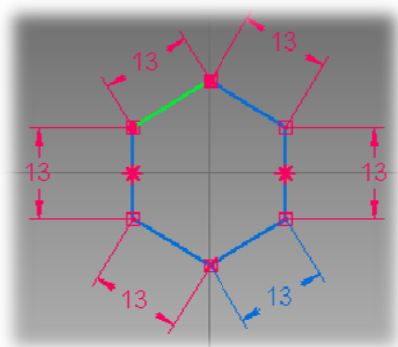
Para centrar el dibujo seleccione del menú *relacionar*, el ícono conectar , haga clic en la línea dos y luego en el eje x. Las dimensiones de las líneas creadas cambian automáticamente, para insertar la longitud nuevamente, seleccionar del menú *Cota*  Smart Dimension, seleccione la línea 2 y aparece un recuadro indicando el valor de la longitud si es diferente de 13 hacer y cambiar el valor en el recuadro y pulsar la tecla enter. Aplicar también cotas a las líneas 1 y 3.

Figura 13. Boceto del hexágono



Fuente: Autor a partir del software Solid Edge ST

Seleccionar nuevamente de las herramientas de dibujo la línea y terminar de hacer la líneas 4, 5 y 6, guiándose por la línea punteado a asegurándose que la longitud sea 13 mm.

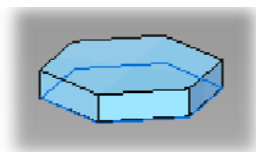
Para poder continuar debe tener un boceto parecido al de la figura. Asegúrese que la pieza sea cerrada para poder hacer la extrusión. Si

observa, en los puntos de unión de las líneas se ve un pequeño recuadro indicando que donde finaliza una línea comienza la otra, es decir, que la figura es cerrada. Para cerrar el boceto, hacer clic en el ícono



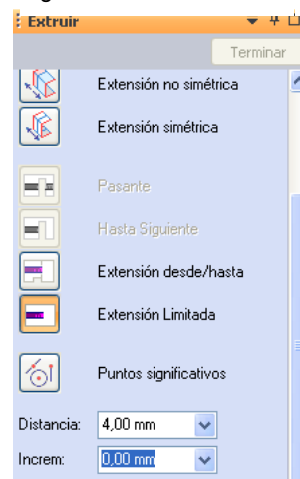
En la ventana *Extruir*, figura 14, mover la barra hasta ver el recuadro donde puede ingresar el valor de la distancia, escribe en este caso 4 mm y pulsa *enter*. Puede escoger si el relieve es hacia arriba o hacia abajo. Hasta el momento se ha creado la cabeza del tornillo que se observa en el figura 15.

Figura 15. Cabeza de Tornillo



Fuente: Autor a partir del software Solid Edge ST

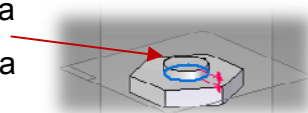
Figura 14. Ventana Extruir



Fuente: Autor a partir del software Solid Edge ST

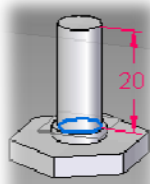
Figura 16. Extrusión 2

Lo siguiente es una extrusión redonda que va pegada a la cabeza del tornillo centrada de diámetro 10 mm y la distancia de la profundidad 3 mm.



Fuente: Autor a partir del software Solid Edge ST

Figura 17. Extrusión 3





Próximo paso, otra protrusión circular pegada a la anterior protrusión de radio 4 mm y la extensión de la proyección del perfil 20 mm. Ver figura 17.

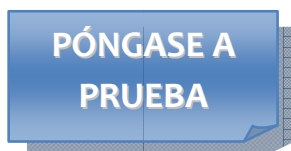
Fuente: Autor a partir del software Solid Edge ST

Para hacer la rosca del tornillo, seleccionar de la barra de operaciones el icono agujero, clic en rosca, seleccionar el cilindro en que se va a aplicar, y como paso siguiente, el final del cilindro desde el cual se desplazara la rosca. Escoger el tipo de rosca en este caso Tr 8 x 2 mm y dar clic en terminar.



Finalmente cortar el triángulo que se encuentra en la parte superior del tornillo, se sigue los mismos pasos para realizar una extrusión pero en este caso se selecciona  cortar. Pero antes se necesita rotar la pieza para poder cortar el triángulo de la parte superior. Para rotar, del menú *ver* seleccionar  rotar, y haciendo uso de los ejes rotar el modelo.

Ahora sí, seleccionar *cortar* y con las herramientas de dibujo hacer el triángulo. Recuerde asegurarse que sea una figura cerrada, dar clic en *cerrar* y determinar la profundidad (3mm). Como resultado se tiene el tornillo de la figura 10. Tornillo a modelar con Solid Edge.




Ahora haga la tuerca para el tornillo.

BIBLIOGRAFÍA

Guías de Referencia Diseño Gráfico. Rafael Gutiérrez Olivar y otros. Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

6.3.4 GUÍA 4. Balanceo de Línea de Ensamble

Con esta guía, se pretende afianzar los conocimientos adquiridos sobre el método de balanceo de la línea de ensamble, haciendo uso del software WinQSB V 2.

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small>	GUÍA N° 4		Duración: 60 mín
	Balanceo de Línea de Ensamble		
	Unidad: Distribución y flujo		Trabajo en parejas

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las aplicaciones del software WinQSB correspondiente al diseño de la distribución de planta realizando el balanceo de una Línea de Ensamble.

RECURSOS A UTILIZAR

Software WinQSB

MARCO TEÓRICO

Terminología del análisis de líneas de producción: Tomado a partir de GAITHER, Norman. Administración de producción y operaciones. Cuarta Edición. Cap 8. Disposición física de las instalaciones.

Tareas:	Actividades o elementos del trabajo
Precedencia de las tareas:	Secuencia u orden en que deben ejecutarse las tareas.
Tiempos de las tareas:	Tiempo requerido para que un trabajador bien entrenado o capacitado, o una máquina sin atención ejecuten la tarea.
Estación de trabajo:	Ubicación física donde se realiza un conjunto particular de tareas
Centro de trabajo:	Agrupación de estaciones de trabajo idénticas ejecutando el mismo conjunto de tareas.

El balanceo de línea consiste en agrupar las tareas, en centros de trabajo, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de la mano de obra y equipo de forma que sea mínima la cantidad de estaciones de trabajo requeridas en la línea de producción y de esa forma reducir o eliminar el tiempo ocioso.

Las tareas compatibles entre sí se combinan en grupos de tiempos aproximadamente iguales que no violan las relaciones de precedencia, las cuales especifican el orden en que deben ejecutarse las tareas en el proceso de ensamble.

Uno de los modelos que se han utilizado para solucionar esta clase de problemas son los métodos heurísticos⁵⁹, es decir métodos basados en reglas simples. Entre estos métodos están la heurística de la utilización incremental y la heurística del tiempo de la tarea más larga, entre otros.

- ☑ Utilización Incremental: Se adicionan tareas a una estación de trabajo según orden de precedencia, hasta obtener una utilización del 100% o hasta cuando al adicionar una tarea la utilización en vez de aumentar se reduce. Se repite el procedimiento con las tareas que quedan en las otras estaciones de trabajo. Es apropiada cuando uno o más tiempos de las tareas es igual o mayor que el tiempo de ciclo.
- ☑ Tiempo de tarea más largo: Conservando el orden de precedencia se agrega una tarea a la vez a una estación de trabajo. Si se tiene que elegir que tarea asignar, se elige la del tiempo más largo, pues son las más difíciles de ajustar dentro de una estación. Está heurística sólo se puede utilizar cuando todos y cada uno de los tiempos de las tareas son inferiores o iguales al tiempo del ciclo y no puede haber estaciones de trabajo duplicadas.

PROCEDIMIENTO

Como caso práctico se propone balancear la línea de ensamble del carro piloto, se requieren ensamblar 1500 vehículos y el tiempo de producción son 8 horas diarias.

En la tabla siguiente se encuentran las tareas y tiempos para ensamblar el carro

Figura 18. Carro piloto



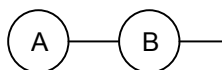
Fuente: Autor

⁵⁹ GAITHER, Norman. Administración de producción y operaciones. Cuarta Edición. Cap 8. Disposición física de las instalaciones.

TAREA	TIEMPO (sg)	DESCRIPCIÓN	TAREA QUE PRECEDE
A	3	Ubicar chasis en la banda	--
B	6	Colocar ejes de dirección trasero y delantero en chasis	A
C	4	Situar la carrocería en la parte superior	B
D	16	Ajustar la carrocería (dos tornillos)	C
E	5	Colocar la defensa delantera	D
F	8	Ajustar la defensa delantera con el tornillo	E
G	6	Colocar defensa trasera	D
H	7	Ajustar la defensa trasera con el tornillo	G
I	4	Colocar el alerón en la carrocería	--
J	6	Ajustar con el alerón con el tornillo	I
K	14	Colocar llantas traseras	D
L	18	Ajustar llantas traseras con tornillos	K
M	10	Colocar llantas delanteras	D
N	17	Ajustar llantas delanteras con tornillos	M
O	9	Inspeccionar y probar el carro	F, H, L, N, J
P	5	Empacar	O

Siga los siguientes pasos para realizar el balance de la línea de ensamble:

1. Construya el diagrama de precedencia.



2. Determine el tiempo de ciclo requerido.

$$C = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producción requerida por día (en unidades)}}$$

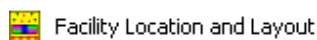
3. Determinar el número mínimo teórico de estaciones de trabajo.

$$N_t = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas (T)}}{\text{Tiempo del ciclo}}$$

4. Hacer uso del software WinQSB para realizar el balance de la línea

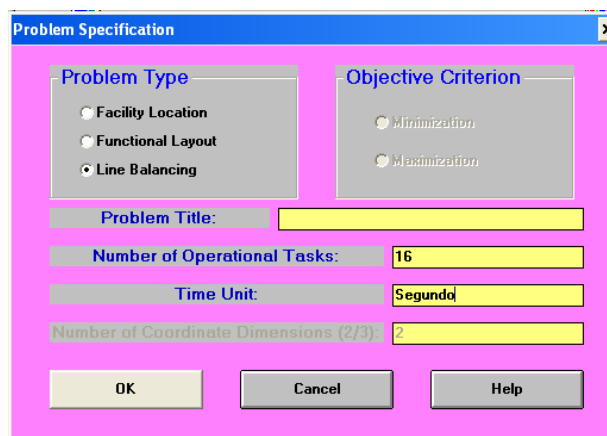
“WinQSB es un software creado por el Dr. Yih-Long Chang, que consta de 19 módulos (subprogramas) que ayudan a resolver y automatizar algunos problemas de cálculos lineales, investigación de operaciones, planteamiento de producción, evaluación de proyectos, etc.”⁶⁰

Primero que todo, abra el programa WinQSB y seleccione el modulo:



Haga click en **File** (Archivo) y seleccione **New Problem** (Nuevo problema). Se abre una ventana donde se insertan las especificaciones del problema:

Figura 19. Especificaciones del Problema



Fuente: Autor a partir de WinQSB

De este menú seleccionar como “**Problem Type**” (tipo de problema) **Line Balancing**, se escribe el título que escoja en “**Problem Title**”, el número de tareas en “**Number of Operational Tasks**” (número de trabajo operacionales) y en que unidades esta dado el tiempo en “**Time Unit**”. Clic en OK para aplicar las especificaciones del problema establecidas.

⁶⁰ Rodriguez Alan. Descargar WinQSB V.2 Recuperado el 5 de febrero de 2009. Disponible en Internet: <http://www.pcdigital.org/descargar-winqsb-20/>

En la ventana se abre una tabla, la cual se llena con los datos del problema, nombre de cada tarea, tiempo empleado en llevarla a cabo, los sucesores inmediatos (si son varios sucesores, separarlos con coma (,)). Los sucesores se pueden obtener fácilmente con ayuda del diagrama de precedencia que construyó en el numeral 1. En este caso ninguna tarea está aislada, por consiguiente en **Task Isolated** no se modifica la opción predeterminada.

Figura 20. Spreadsheet Form

Task Number	Task Name	Task Time in Segundo	Task Isolated (Y/N)	Immediate Successor (task number separated by ,)
1	A	3	No	B
2	B	6	No	C
3	C	4	No	D
4			No	
5			No	
6			No	
7			No	
8			No	
9			No	
10			No	
11			No	
12			No	
13			No	
14			No	
15			No	
16			No	

Fuente: Autor a partir de WinQSB


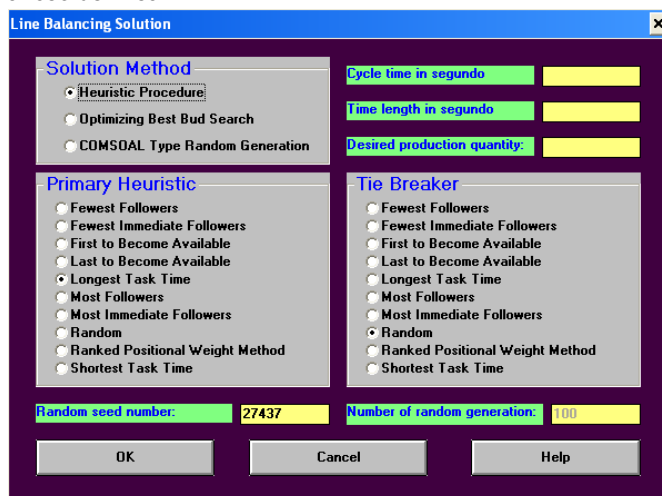
De la barra de herramientas hacer clic en **Solve and Analyze** (Solucionar y analizar), y seleccione **Solve the Problem** (solucione el problema) o hacer clic en , lo cual abre en la pantalla el menú de opciones para la solución por balanceo de línea.


Figura 21. Solución Balanceo de línea



Fuente: Autor a partir de WinQSB

Para “**Solution Method**” (método de solución) se selecciona *Heuristic Procedure*, en **Primary Heuristic** se selecciona Longest task time (heurística del tiempo más largo), se escribe el tiempo de ciclo en **Cycle time** (hallado en el numeral 2) y en Tie Breaker se selecciona Random. Clic en OK para obtener una solución.

La siguiente ventana que abre es una solución planteada al problema propuesto, donde especifica el número teórico, el número de operarios, la tarea que se asigna a cada estación de trabajo, el porcentaje de disponibilidad, entre otros.

Haciendo clic en este botón  se puede ver la distribución gráfica de las estaciones de trabajo.

5. Calcular la eficiencia de la línea:

$$Eficiencia = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas (T)}}{\text{Número real de estaciones de trabajo (Na)} \times \text{Tiempo de ciclo}} \times 100$$

6. Si la eficiencia es insatisfactoria escoja otro método heurístico que propone el software y analice.

BIBLIOGRAFÍA

Chase – Jacobs – Aquilano. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. 10 a. Edición. Mc Graw Hill. Nota técnica 5 p. 216

GAITHER, Norman. Administración de producción y operaciones. Cuarta Edición. Cap 8. Disposición física de las instalaciones.

Yih - Long Chang. WinQSB. Version 2.0 for Windows 95, 98, ME and 2000. P.207

6.3.5 GUÍA 5. Introducción a LabView:

Se definen los sistemas SCADA y sus componentes. Se realiza la introducción de LabView la cual es una herramienta de programación gráfica, para la construcción de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. Desarrollando un programa que toma la temperatura en centígrados y la convierte a Kelvin y Fahrenheit se explica el entorno de trabajo en LabView, junto con la descripción de algunas ventanas y paletas.

 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA	GUÍA N° 5		Duración: 60 mín
	Introducción a LabView		
	Unidad: Herramientas para la recolección de información		Nivel de Experticia: Bajo

OBJETIVO GENERAL

Familiarizar al estudiante con los fundamentos de los sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de datos (SCADA) y con el entorno de programación de LabView.

RECURSOS A UTILIZAR

El software LabVIEW⁶¹, herramienta para el monitoreo de sistemas SCADA.

MARCO TEÓRICO

SCADA es un acrónimo que significa “Supervisory Control and Data Acquisition” es decir: Supervisión de Control y Adquisición de Datos. Hace referencia a un sistema que recoge los datos de diferentes sensores en una fábrica, planta o en otros lugares remotos y luego envía estos datos a un PC central que a su vez administra y controla los datos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN (Local Area Network – red de área local), conectados al PLC (Controlador lógico programable) el cual es un dispositivo encargado de ejecutar las órdenes y transmitir los datos. Todo esto se ejecuta normalmente en *tiempo real*, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar los procesos.

Un paquete SCADA ofrece la posibilidad de crear paneles de alarma, generar históricos de señal de planta, ejecutar programas con el fin de modificar o anular

⁶¹ Se desarrolló a través de National Instruments LabVIEW versión 8.5 Evaluation Mode

las tareas asociadas al autómatas y ofrece la posibilidad de programación numérica.

Figura 22. Diagrama Sistema SCADA



Fuente: http://eecta.com/01_desarrollo%20de%20software.html

Los SCADA son sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa. Comunican con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa. Son programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces gráficas amigables al usuario.

Componentes de un SCADA:

- Configuración: Posibilidad de organizar y restringir el acceso a la información del proyecto por el usuario.
- Editor gráfico: Permite al usuario crear las pantallas de supervisión necesarias.
- Sinópticos del proceso: Permite al usuario animar los componentes gráficos que representan a los elementos del proceso
- Módulo de proceso: Permite al usuario programar acciones de control en lenguaje de alto nivel tipo C, Basic.

- Comunicaciones: Permite configurar canales de comunicación para trasiego de información entre el SCADA y la planta.
- Gráficos de tendencias: Permite al usuario crear representaciones gráficas de la evolución de señales del proceso.
- Gestión de alarmas: Permite establecer mecanismos de validación del correcto funcionamiento del proceso y de aviso en caso de error.

Un SCADA constará de una ventana de edición, desde la cual se va realizando la programación de todas las ventanas de la aplicación con todos sus condicionantes, y de el programa de RUNTIME que hace “correr” la aplicación en comunicación con los distintos dispositivos de campo.

Hay gran variedad de productos SCADA en el mercado, y se necesita de software LabView o InTouch para realizar las comunicaciones entre los diferentes componentes del sistema SCADA.

LabVIEW de National Instruments, es una herramienta de programación gráfica, altamente productiva, para la construcción de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. LabVIEW da la capacidad de crear rápidamente una interfaz de usuario que proporciona la interactividad con el sistema.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya en una programación G o programación gráfica.

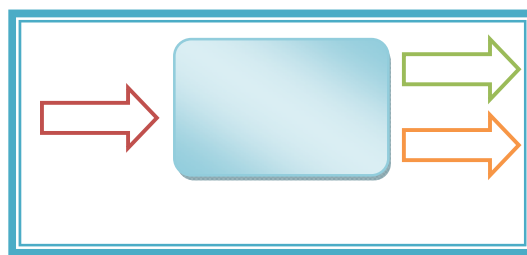
Los programas en G, o VIs (*“Virtual Instruments”*) constan de una interfaz interactiva de usuario y un diagrama de flujo de datos que hace las funciones de código fuente.

Los VIs son jerárquicos y modulares. Pueden utilizarse como programas de alto nivel o como subprogramas de otros programas o subprogramas. Cuando un VI se usa dentro de otro VI, se denominan subVI.

PROCEDIMIENTO

Crear a través de LabVIEW un programa el cual toma la temperatura en grados centígrados de un indicador, y la convierta a grados Fahrenheit y Kelvin. En paralelo a la creación del programa se explicarán algunas de las ventanas, paletas y entorno de trabajo de LabVIEW.

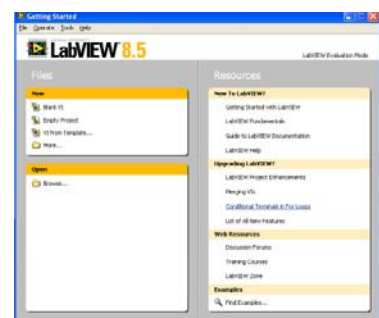
Para poder realizar la programación, es indispensable entender el problema e identificar las partes como un sistema (entrada, transformación y salida)



Fuente: Autor

Teniendo identificadas las entradas y salidas, se procede a realizar la programación abriendo LabVIEW 8.5.

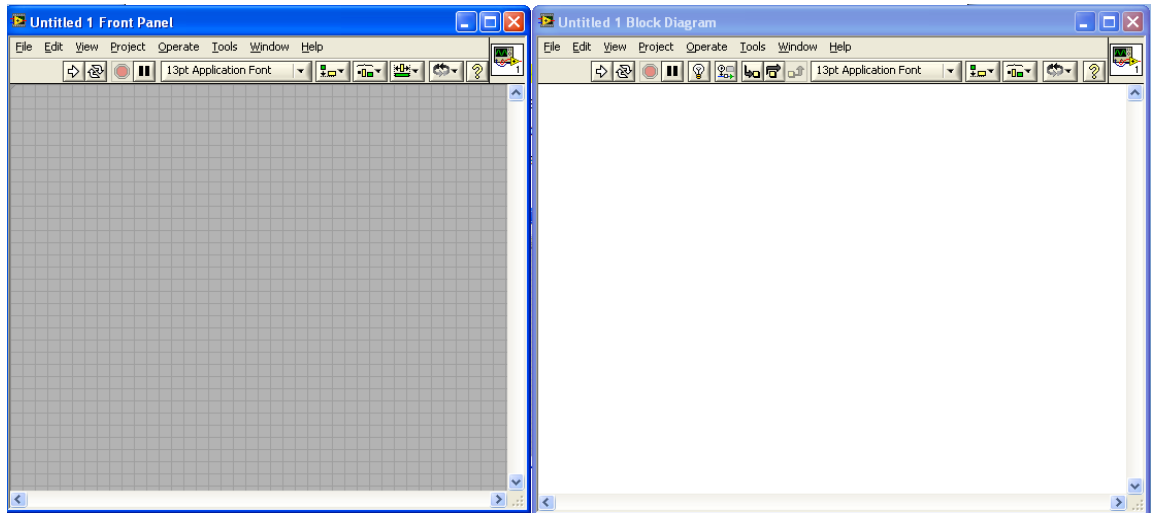
Al abrir el programa LabView se despliega la siguiente ventana, hacer clic en Blank VI (Virtual Instruments).



Se abren dos ventanas, el **Front Panel** (panel frontal) y el **Block Diagram** (Diagrama de bloques). Se puede conmutar entre estas dos ventanas a través del menú >Window > Show Panel/Show Diagram o en la barra de tareas haciendo clic

en la ventana que se quiera trabajar. Usando >Tile se pueden posicionar las ventanas Panel y Diagrama una al lado de la otra o una encima de la otra.

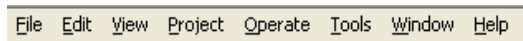
Figura 25. Panel Frontal y Diagrama de Bloques



Fuente: Autor a partir de Labview

Como en todas las ventanas, se dispone de un Menú de opciones:

Figura 26. Menú de opciones ventanas LabVIEW



Fuente: Autor a partir de Labview

File (Archivo) Sus opciones se usan básicamente para abrir, cerrar, guardar, imprimir VI's.

Edit (Editar) ofrece las herramientas para la edición de los programas, tales como cortar, pegar, copiar.

View (Ver) Visualizar las paletas de control, funciones y herramientas.

Project (Proyecto) Presenta los niveles de jerarquía, los subVIs que lo integran, los que están sin abrir, busca VIs, etc.

Operate (Función) Sus funciones sirven para poner en marcha el VI.

Tools (Herramientas) ítems para configurar LabVIEW, proyectos y Vis.

Window (Ventana) Configurar la apariencia de la ventana.

Help (Ayuda) presenta ayuda sobre los diferentes iconos y otros aspectos de LabView.

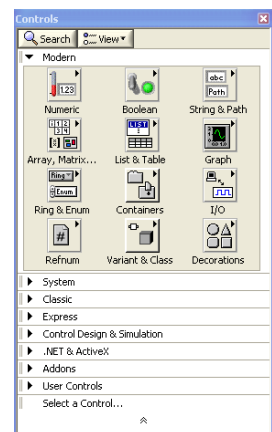
El **panel frontal** puede contener botones, interruptores, pulsadores, gráficas y otros controles e indicadores. Cada uno de ellos puede estar definido como un *control* o un *indicador*. Los primeros sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación.

El VI recibe instrucciones del **diagrama de bloques**, por ser el código fuente. En este se realiza la implementación del programa, incluye *funciones* y *estructuras* las cuales representan los nodos elementales. Los *controles* e *indicadores* que se colocan previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los *terminales*. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos. Cada cable tiene un color o un estilo diferente, lo que diferencia unos tipos de datos de otros.

En >View se encuentran las Palette (paletas) las cuales proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar tanto el panel frontal como el diagrama de bloque. Existen tres paletas:

Figura 27. Paleta de controles LabView

✓ **Controls Palette:** Disponible únicamente en el panel *frontal*. Se utilizan para crear la interfaz del VI con el usuario. Contiene las siguientes opciones en la categoría *Modern*, esta se obtiene haciendo clic en ☞, ubicado en la parte inferior de la ventana:



Fuente: Autor a partir de Labview

Algunos de los iconos se describen a continuación:













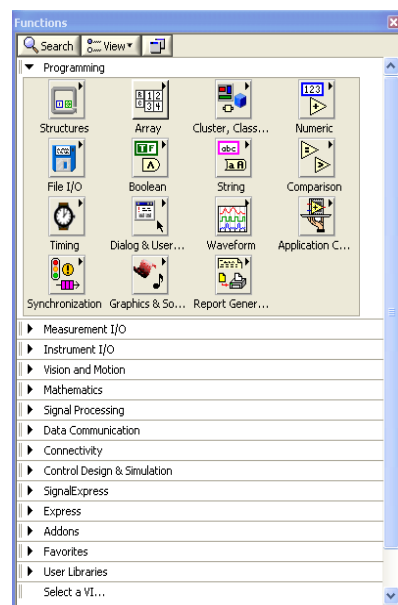
	<i>Numeric</i>	Para la entrada y visualización de cantidades numéricas.
	<i>Boolean</i>	Para la entrada y visualización de valores booleanos. (Verdadero/Falso)
	<i>String & Path</i>	Para la entrada y visualización de texto.
	<i>Array, Matrix & Cluster</i>	Para agrupar elementos.
	<i>List & Table</i>	Da al usuario una lista de ítems de los que puede seleccionar.
	<i>Graph</i>	Para representar gráficamente los datos.
	<i>Ring & Enum</i>	Crear lista y enumerar en las que pueda hacer ciclos.
	<i>Containers</i>	Agrupar controles e indicadores o mostrar el panel de control de otra VI
	<i>Refnum</i>	Para gestión de archivos
	<i>I/O:</i>	Para adquirir datos, compartir entre aplicaciones y controlar instrumentos
	<i>Variant & Class:</i>	Interactuar con datos de clase y variante.
	<i>Decorations:</i>	Para introducir decoración en el panel frontal.

Figura 28. Paleta de funciones LabVIEW

✓ **Functions Palette:** Esta paleta se usa solo en el *diagrama de bloques*. Contiene todos los objetos que se emplean en la implementación del programa, ya sean *funciones* aritméticas, de entrada/salida de señales, de datos a fichero, adquisición de señales, temporización, entre otras. Hacer clic en ≡ parte inferior de la ventana, se obtiene la categoría programming.



Fuente: Autor a partir de Labview

Algunos de los iconos se describen a continuación:

Structures Muestra las estructuras de control del programa, las funciones básicas para la toma de decisiones y la operación de los programas están acá junto con las variables locales y globales. Estructuras como for o while.



Array: Contiene funciones útiles para procesar datos en forma de vectores o matrices, así como constantes de vectores. Contiene funciones para insertar y borrar elementos de un vector o matriz, y rotar los elementos que la componen.



Cluster: Contiene *funciones* útiles para procesar datos procedentes de gráficas y destinados a ser representados en ellas, así como las correspondientes constantes.



Numeric:



Muestra *funciones* aritméticas y constantes numéricas.

File I/O:



Muestra *funciones* para operar con ficheros

Boolean:



Muestra *funciones* y constantes lógicas.

String:



Muestra *funciones* para manipular cadenas de caracteres, así como constantes de caracteres.

Comparison:



Muestra *funciones* que sirven para comparar números, valores booleanos o cadenas de caracteres.

**Time &
Dialog:**

Contiene *funciones* para trabajar con cuadros de diálogo, introducir contadores y retardos, etc.

Figura 29. Paleta de Herramientas de LabVIEW

✓**Tools Palette:** Esta paleta se encuentra habilitada tanto para el panel de control como para el diagrama de bloques para editar y depurar los objetos.











Automatic tool selection

Haciendo clic en el icono de *Automatic Tool Selection* se activa la selección automática de estas herramientas.



Fuente: Autor a partir de Labview

El uso de los iconos que la conforman se describe a continuación:

	<i>Operate Value</i>	Cambia el valor de los controles.
	<i>Position/Size/Select</i>	Desplaza, cambia de tamaño y selecciona los objetos.
	<i>Edit text</i>	Edita texto y crea etiquetas.
	<i>Connect Wire</i>	Une los objetos en el <i>diagrama de bloques</i> .
	<i>Object Shortcut menú</i>	Abre el menú desplegable de un objeto.
	<i>Scroll Window</i>	Desplaza la pantalla sin necesidad de emplear las barras de desplazamiento.
	<i>Set/Clear Breakpoint</i>	Fija puntos de interrupción en la ejecución del programa.
	<i>Probe Data</i>	Crea puntos de prueba en los cables, se puede visualizar el valor del dato.
	<i>Get Color</i>	Copia el color para después establecerlo mediante la siguiente herramienta.
	<i>Set Color</i>	Establece el color de fondo y el de los objetos

Teniendo definidas ambas ventanas y las paletas principales junto con una pequeña descripción de alguno de sus iconos. Se procede a realizar la solución del problema específico a tatar.



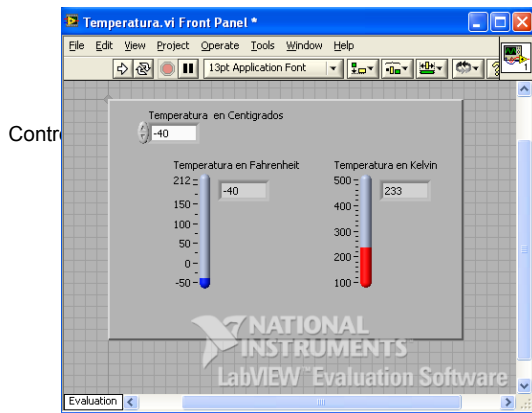
Se comienza a programar a partir del **panel frontal**. En primer lugar se definirán y seleccionarán de la *paleta de controles* las entradas que ingresa el usuario y los *indicadores* (salidas que presentará en pantalla el VI). En este caso de la categoría *modern* se selecciona *numeric*, para la entrada (que son los grados centígrados) se escoge el icono *Numeric control*  y para las salidas se escoge el icono Thermometer .

Figura 30. Panel Frontal Temperatura



Fuente: Autor a partir de Labview


Ya insertados los objetos dentro del espacio de trabajo, es necesario editarlos para tener una buena visualización y entendimiento durante el procedimiento del programa.

Para esto se etiquetan la entrada como *Temperatura en Centígrados* y las salidas

como *Temperatura en grados Kelvin* y

Temperatura en grados Fahrenheit Esto se

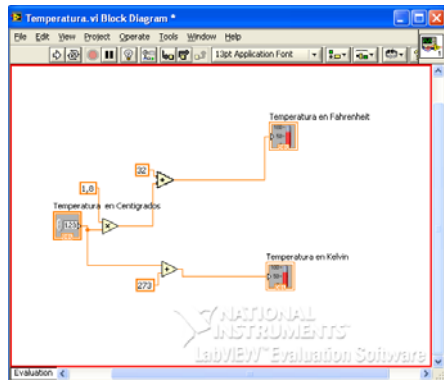
hace con ayuda de la paleta *Tools* haciendo clic en el icono. Además con esta misma paleta se seleccionan los objetos, hacer clic derecho > *Visible Items* y se selecciona label y Digital display para tener una lectura más precisa.

De la paleta *Controls*, seleccionar *Decorations*, en este caso dar clic en el icono *Raised Box* con el fin de resaltar los termómetros de la cuadrícula. Una vez en la pantalla se modifica el tamaño y para enviarlo al fondo, con el objeto seleccionado, del submenú dar clic en *reorder*  y seleccione la opción *move to back*.

Una vez colocados en la ventana correspondiente al *panel frontal* todos los objetos necesarios, debe pasarse a la ventana diagrama de bloques, que es donde se realiza la programación propiamente dicha. Al abrir esta ventana, en ella se encuentran los terminales correspondientes a los objetos situados en el *panel frontal*, dispuestos automáticamente por LabVIEW.

Se deben ir situando las *funciones*, *estructuras*, etc. que se requieran para el desarrollo del programa, las cuales se unen a los terminales mediante cables.

Figura 31. Diagrama de Bloques Temperatura



En la figura 31. Diagrama de bloques temperatura, se puede diferenciar los datos de entrada por estar más resaltados que los datos de salida.

Para este caso, se selecciona, de la paleta de funciones, el icono *Numeric*, se ubican las operaciones necesarias, clic derecho en cada uno de la funciones, seleccionar *>create >constant* para insertar el valor constante por el cual se va a operar la entrada.

Finalmente de la paleta *tools* seleccionar *connect wire*, para realizar las conexiones que faltan.

Para facilitar la tarea de conexión de todos los terminales, en el menú "*Help*" puede elegirse la opción "*Show Help*", con lo que al colocar el cursor del ratón sobre un elemento aparece una ventana con información relativa a éste.

Además, si se tiene seleccionado el cursor de cableado, al situar éste sobre un elemento se muestran los terminales de forma intermitente.

Para correr el VI en el submenú seleccionar correr e ingresar datos de entrada:

Figura 32. Submenú



Fuente: Autor a partir del Software LabVIEW

VIDEOS

En el siguiente link puede ver un video (12 minutos). Experimente LabView. Una visita guiada sobre programación gráfica.

<http://www.ni.com/labview/whatis/esa/?metc=mt3tct>

BIBLIOGRAFÍA

Software de Control y monitoreo industrial. Disponible en Internet: http://eecta.com/01_desarrollo%20de%20software.html. Recuperado el 1 de septiembre de 2008

Figueras Solé, Enric. Diseño de aplicaciones SCADA con LABVIEW. Disponible en Internet: <http://personal.redestb.es/efigueras/index.htm>. Recuperado el 25 de Agosto de 2008

Tutorial de LabVIEW. Disponible en Internet: http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf. Recuperado el 28 de Agosto de 2008.

Prácticas seminario de LabView. Facultad de Ingeniería Mecatrónica. UNAB.

6.3.6 GUÍA 6. Introducción a Promodel:

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small>	GUÍA N° 6		Duración: 40 min
	Introducción a PROMODEL		
	Unidad: Simulación		Nivel de Experticia: Básico

OBJETIVO GENERAL

Familiarizar al estudiante con el entorno del software Promodel

RECURSOS A UTILIZAR

Software Promodel

MARCO TEÓRICO

Simulación, es un proceso que mediante un modelo representa un sistema real. El modelo de simulación permite observar que está sucediendo, analizar, optimizar el sistema y realizar cambios sin causar efectos en la vida real.

Antes de comenzar a simular es primordial tener un buen conocimiento del sistema, para poder “construir un modelo simplificado del sistema real, que tenga en cuenta los parámetros, variables y relaciones que sean de interés para la persona que quiere simular”⁶².

“ProModel es un simulador con animación para computadoras personales. Permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, manejo de materiales, etc. Tiene la combinación perfecta entre facilidad de uso y flexibilidad para aplicaciones complejas...”⁶³

⁶² BLANCO, Luis y FAJARDO Iván. Simulación con Promodel. Casos de Producción y Logística. Segunda Edición. Colección Desarrollo Empresarial. Pág.211

⁶³ Promodel, Visualizar, analizar, optimizar. (Recuperado el 25 de Agosto de 2008.) Disponible en internet: <http://www.promodel.com.mx/promodel.php>

ACTIVIDAD PREVIA:

Ventajas y Desventajas de la simulación.

Aplicaciones de la Simulación.

Lecturas recomendadas:

Introducción a la Simulación.

Disponible en Internet: <http://wwwdi.ujaen.es/asignaturas/computacionestadistica/pdfs/tema1.pdf>

GLOSARIO:

Tomado de Curso Básico de Entrenamiento. (Recuperado el 30 de Agosto de 2008). Disponible en Internet: <http://www.promodel.com.mx/promodel.php>.

Entidades: (Entities) Cosas que “se mueven a través” del modelo. Las entidades viajan de locación en locación, realizando actividades. Representa la pieza en proceso

Llegadas: (Arrivals) Cuando una entidad aparece inicialmente en una locación en el modelo, se le llama llegada. Las llegadas pueden ocurrir de acuerdo al tiempo, o a alguna otra condición.

Locaciones: (Locations) Representan lugares físicos, fijos en el sistema donde ocurren las cosas. Las locaciones pueden ser objetos como máquinas, fila de espera, banda de transporte, un escritorio, una estación o región de trabajo.

Modelo de Simulación: Es un modelo altamente preciso hecho en computadora.

Modelo: Es una representación de un sistema, creado para aprender acerca del sistema.

Proceso: (Processing) Describe las operaciones que toman lugar cuando una entidad está en una locación, como la cantidad de tiempo que la entidad permanece ahí, los recursos que necesita para completar el proceso y cualquier otra cosa que sucede en la locación, incluyendo seleccionar el siguiente destino.

Sistema: Es un conjunto de componentes interdependientes y sus interacciones, que se encuentran unidos para desempeñar una función específica.

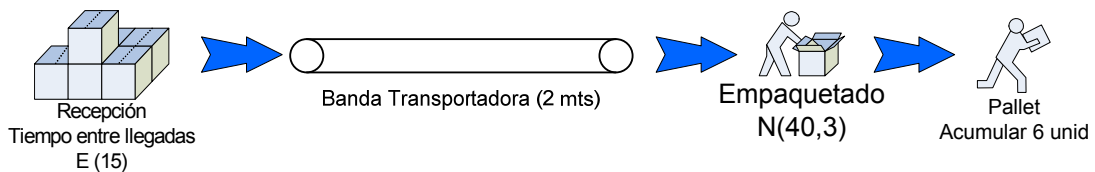
Recursos: (Resources) Objeto que se utiliza por entidades o locaciones para realizar algún tipo de actividad, como un operario o un montacargas.

PROCEDIMIENTO

Situación a simular: Una fábrica produce piñones para maquinaria pesada, en el proceso de empaquetado los piñones llegan a una región (recepción) con capacidad de 15 unidades y obedeciendo un tiempo exponencial de 15 segundos, allí esperan 10 segundos mientras son limpiados. Un operario los coloca en la banda transportadora de 2 metros, de allí pasan a la maquina que los empaca en cajas individuales. Esta máquina tiene capacidad de 3 unidades y su proceso demora un tiempo normal con media de 40 y desviación de 3 segundos. Una vez listos el operario los ubica en el pallet, se espera que se acumulen 6 unidades y salen del sistema.

A continuación se muestra el gráfico del proceso con el fin de poder determinar fácilmente los componentes (locaciones, entidades, recursos) del proceso a simular.

Figura 33. Gráfico del proceso



Fuente: Autor a partir del software

Para comenzar a crear el modelo abrir el software ProModel, inmediatamente se despliega un panel de acceso directo a algunas aplicaciones que ofrece ProModel, en este caso, se cierra la ventana para comenzar a crear el modelo.

Al hacer clic en **File** (archivo) y seleccionar **New** (Nuevo); se despliega la ventana que se muestra en la figura 34. En esta ventana se especifican las características generales del modelo, el título del modelo, la librería donde se seleccionan los gráficos, las unidades de tiempo y distancia entre otras. Para este modelo,

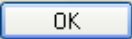
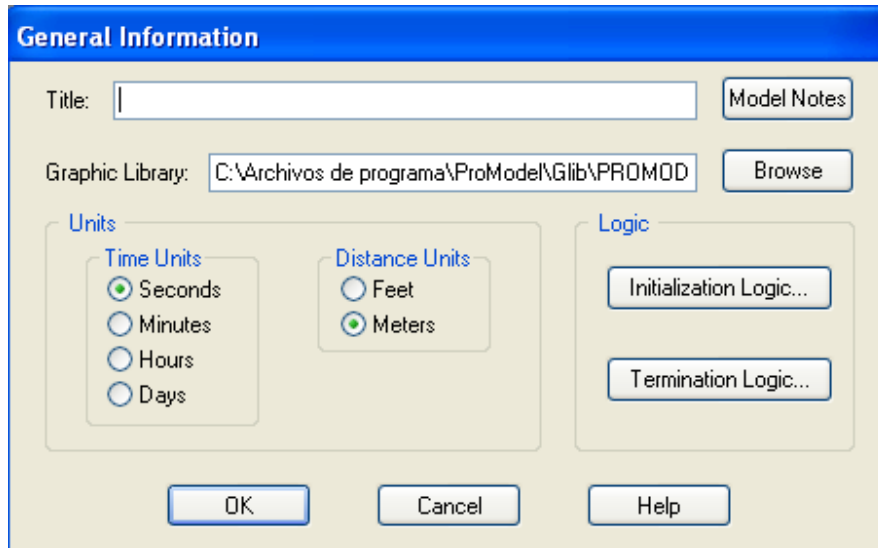
seleccionar *Seconds* (segundos) en unidades de tiempo y *Meters* (metros) para unidades de distancia. Hacer clic en 

Figura 34. Información General del modelo



Fuente: Autor a partir del software

En el menú **Build** (construir), se encuentran las características del modelo. ProModel propone seguir la secuencia de pasos en el momento de construir el modelo de simulación.

Figura 35. Menú Build de ProModel

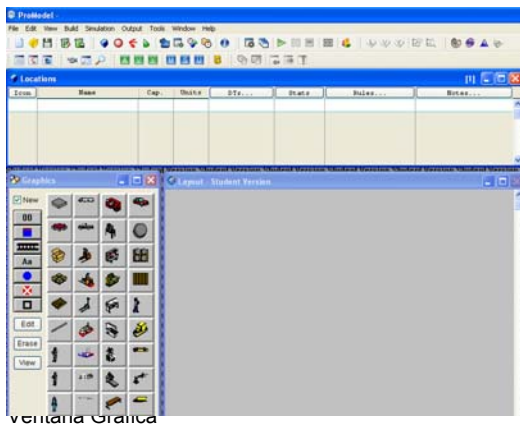
Build		Pasos básicos:	
Locations	Ctrl+L	1.	Crear la locaciones Locations)
Entities	Ctrl+E	2.	Definir las entidades (Entities)
Path Networks	Ctrl+N	3.	Especificar la red de recorrido (Path Networks)
Resources	Ctrl+R	4.	Definir los recursos (Resources)
Processing	Ctrl+P	5.	Construir el proceso (Processing)
Arrivals	Ctrl+A	6.	Establecer las llegadas (Arrivals)
Shifts			

Fuente: Autor a partir del software

Las otras órdenes se usarán para crear modelos más complejos.

Para comenzar a crear el modelo, seleccione del menú **Build** > *Locations*, como puede observar en la pantalla se abren tres ventanas como se muestra en la figura 36. La ventana maestra, el layout y la ventana gráfica.

Figura 36. Entorno ProModel



La ventana maestra muestra información de la característica (location, entities resources) del modelo. De la ventana gráfica se puede seleccionar o editar la gráfica que representa la característica creada y en el layout se muestra la gráfica seleccionada.

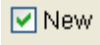








Fuente: Autor a partir del software ProModel

En este caso se crean cuatro locaciones: la recepción, la banda transportadora, la maquina y el pallet. Para crear las locaciones, se selecciona de la ventana gráfica haciendo clic con el mouse sobre la gráfica que se desea represente la locación, luego se hace clic en el layout y aparece la gráfica. En el layout se puede modificar de tamaño. Si desea borrar la locación selecciónela de la ventana maestra, en el menú **EDIT** seleccione *delete*.

La ventana maestra de las locaciones, muestra la siguiente información acerca de la locación creada entre otras.

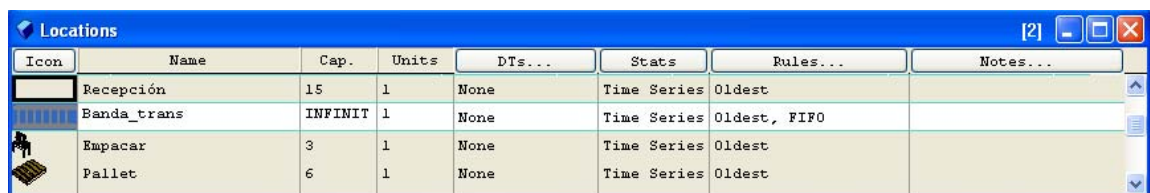
Icon	Es el gráfico que representa la locación.
Name	Nombre de la locación (lo puede modificar)
Cap.	Capacidad máxima.
Units	Cuántas locaciones con las mismas características (unidades)





La ventana gráfica, aparte de los gráficos que contiene la librería, presenta unos iconos útiles en el momento de crear locaciones. Estos iconos se explican a continuación.

-  Cuando está habilitado ingresa un nuevo registro al deshabilitarlo el icono lo agrega a la locación seleccionada.
-  Agrega contador a la locación.
-  Indica la capacidad.
-  Crea colas o bandas transportadoras.
-  Agrega texto a la locación.
-  Indica el estado (disponible o no disponible).
-  Muestra la entidad.
-  Delimita una región para la locación
-  Permite modificar la gráfica cambiando de color, de tamaño o rotándola.




Como se dijo anteriormente las locaciones de este modelo son cuatro y se muestran en la siguiente figura.

Figura 37. Locaciones



Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats	Rules...	Notes...
	Recepción	15	1	None	Time Series	Oldest	
	Banda_trans	INFINIT	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Empacar	3	1	None	Time Series	Oldest	
	Pallet	6	1	None	Time Series	Oldest	

Fuente: Autor a partir del software ProModel

La primera locación que se crea es una región, seleccionando el icono . La recepción tiene capacidad de 15 entidades, si se desean mostrar las entidades deshabilite , seleccione entity spot haciendo clic en el icono , luego haga clic en el layout donde quiera mostrar la entidad.



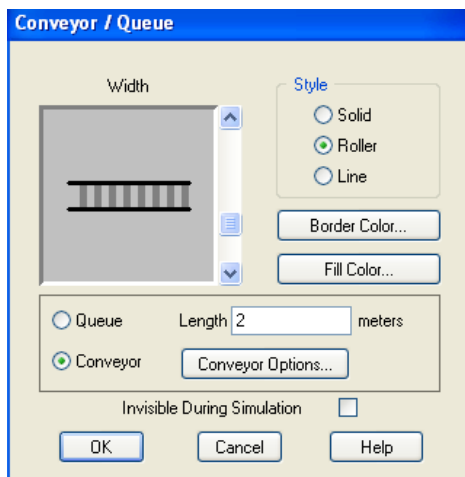
La siguiente locación que se crea es una banda transportadora. Selecciónela haciendo clic en  (recuerde antes haber habilitado el icono ), luego en la ventana del layout se hace clic en el punto de inicio y doble clic para indicar el final de la banda. Para cambiar el tamaño hacer clic en *edit* y modificar en *length* (longitud) 2 metros como se muestra en la figura 38.

Figura 38. Banda transportadora



Fuente: Autor a partir del software ProModel

Cree las otras dos locaciones que faltan, tenga en cuenta la información suministrada en la descripción del problema y en la figura 37.

Tenga presente que el usuario determina la distribución, tamaño y posición de las locaciones en el layout.

Recuerde salvar el modelo periódicamente.

El siguiente componente del modelo que se construye, son las entidades, recuerde que estas representan la pieza en proceso, en este caso el piñón. **>BUILD > Entities**. El paso que sigue es seleccionar la gráfica, modificar el tamaño deslizando la barra del lado derecho de la gráfica. En la ventana maestra dar nombre a la pieza. Como el piñón sale en un paquete, se deshabilita new y bajo la gráfica seleccionar el número 2; seleccionar otra gráfica o modificar el color para indicar el proceso que se realiza en la locación.

Figura 39. Ventana gráfica de la entidad

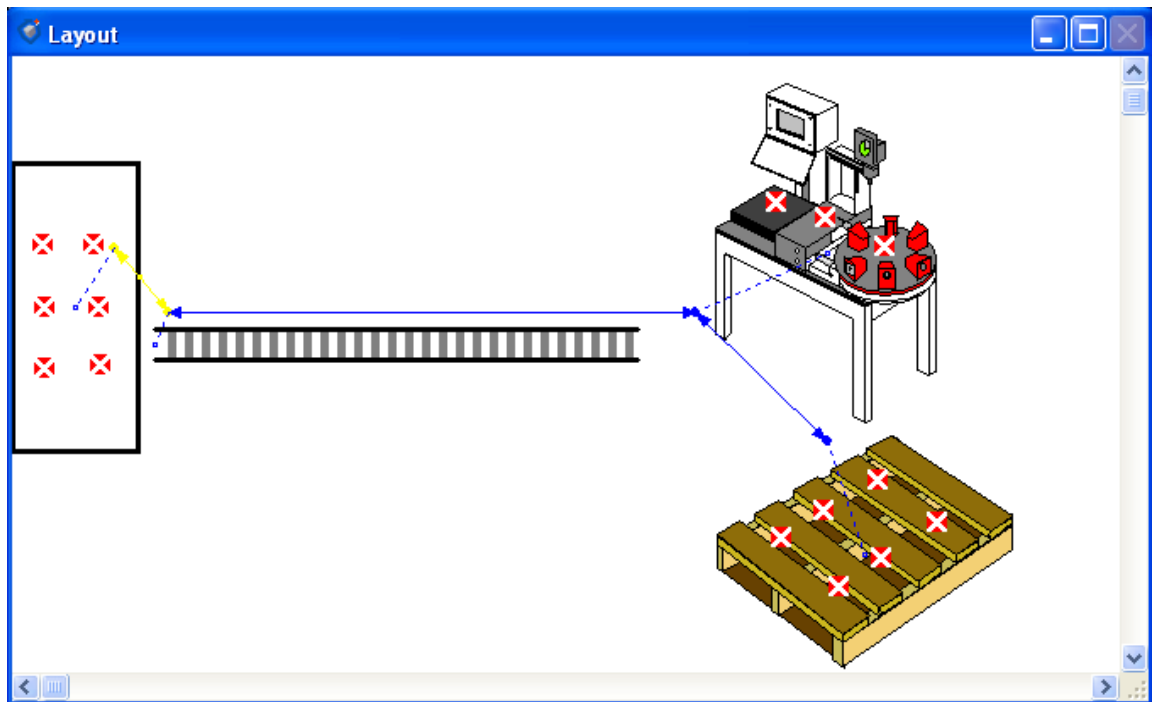


Fuente: Autor a partir del software ProModel

Ahora se crea la ruta que sigue el recurso. **>BUILD >Path Networks**. En la descripción del caso se dice que el operario toma el piñón de la recepción, lo coloca en la banda, y es transportado a la maquina, una vez listo, lo toma de la maquina que empaca para dejarlo en el pallet. Ahora bien para crear la ruta en el

layout haga clic en la recepción; en ese momento crea el nodo de inicio (N1), haga doble clic en la banda para terminar ese recorrido (N2). Ahora haga clic en N2 y luego doble clic en la maquina (N3). Para terminar haga clic en N3 y luego en el pallet (N4).

Figura 40. Ruta del Operario



Fuente: Autor a partir del software ProModel

Figura 41. Paths

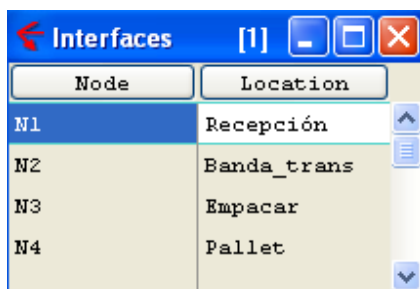
Una vez termina de crear los nodos, la ventana de *Paths*, muestra las distancias calculadas automáticamente por ProModel. Para este ejercicio colocar las distancias que aparecen en la figura 41. De la recepción a la banda transportadora 1 metro, del inicio de la banda a la maquina 2 metros, y de la maquina al pallet 1 metro. En la ventana BI significa si el recorrido es bidireccional o una sola dirección. En este caso todos son bidireccionales.

From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	1
N2	N3	Bi	2
N3	N4	Bi	1

Fuente: Autor a partir del software ProModel

Para terminar de crear el recorrido, a cada nodo se le asigna una locación, esto se realiza haciendo clic en **Interfaces...** de la ventana maestra de *Path Network*, se abre la ventana y seleccionar N1 y en locación escoger recepción. Ver la figura 42. Para asignar el siguiente nodo haga clic bajo el nodo asignado anteriormente, en este caso N1.

Figura 42. Interfaces del Modelo

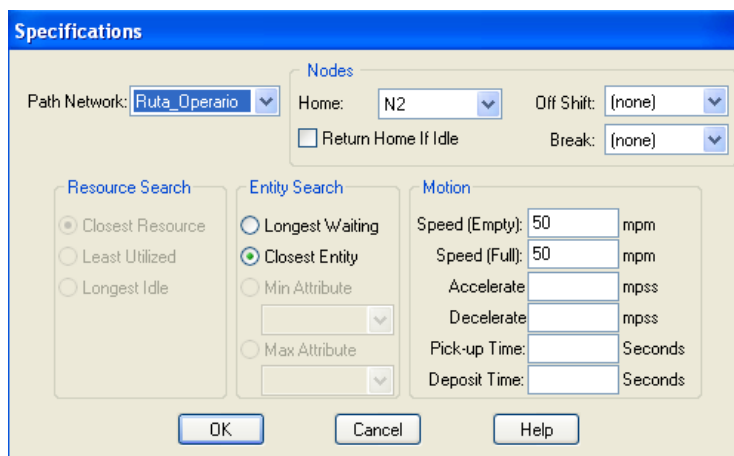


Cuando asigna una locación al nodo, en el layout aparece una línea punteada que indica la asignación del nodo a la locación.

Fuente: Autor a partir del software ProModel

Lo siguiente que se crea son los recursos, nuevamente aparecen las tres ventanas, se selecciona el gráfico, se modifica el tamaño en la ventana gráfica. En la ventana maestra se observa el icono seleccionado, se le asigna un nombre, el número de operarios con las mismas características y se selecciona el icono **Specs...**, se abre la ventana de especificaciones del recurso y se insertan los detalles de la figura 43.

Figura 43. Especificaciones del Operario

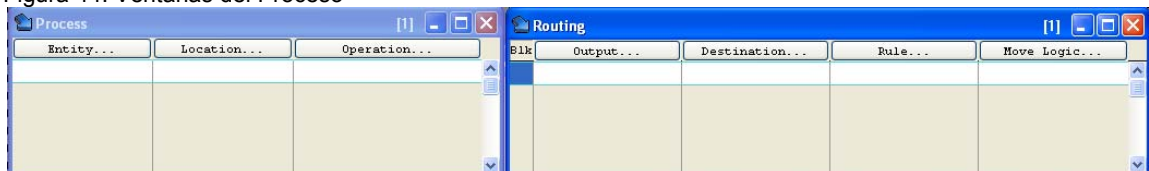


Fuente: Autor a partir del software ProModel

En esta ventana se especifica cuál es la ruta del operario; el nodo de donde parte; si se desea que vuelva al nodo de origen cuando este está disponible; la velocidad cuando esta vacío u ocupado; si la entidad que recoge es la más cercana o la que lleva más tiempo esperando; entre otras.

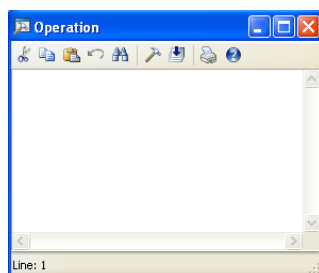
El siguiente paso es construir el proceso > **BUILD** > *Processing*. El proceso se define en dos ventanas, en una se especifica la entrada al proceso y en la otra la salida. Estas ventanas se muestran en la figura 44.

Figura 44. Ventanas del Proceso



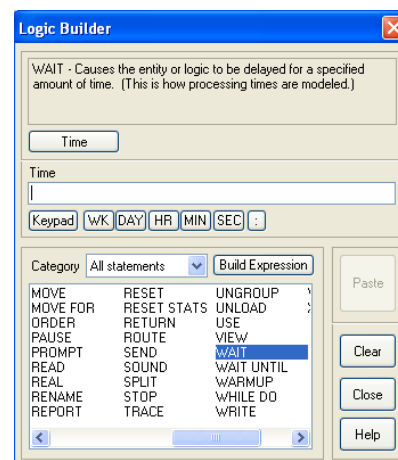
Fuente: Autor a partir del software ProModel

Figura 46. Operación




Fuente: Autor a partir del software ProModel


Figura 45. Constructor Lógico



Fuente: Autor a partir del software ProModel

En la ventana *Process* se define la entidad, la locación en la que se encuentra y la operación que realiza. Para crear la operación hacer clic en *Operation* y se despliega la ventana donde se ingresan el proceso llevado a cabo. Para construir la lógica de la operación, hacer clic en  y se despliega la figura 46, donde se construye la expresión.

En la ventana de la Figura 45 se escoge la expresión y se siguen los pasos para completarla, se da clic en *PASTE* y close.

En la ventana **ROUTING** se define la entidad que sale, el destino, la regla y el movimiento lógico. Al igual que para la operación se hace clic en *Move Logic* y en la ventana que se abre se selecciona , para construirlo.

Teniendo claro como se introduce el proceso, ingresar los datos que se registran en la Tabla 7 con el fin de crear el proceso de la situación.

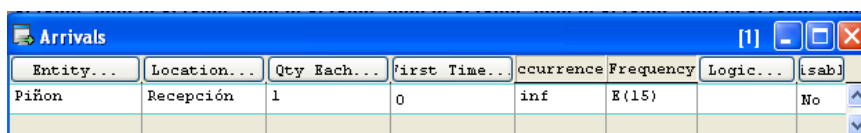
Tabla 7. Proceso del modelo descrito.

Process			Routing			
Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
Piñón	Recepción	WAIT 10	Piñón	Banda_trans	FIRST 1	MOVE WITH Operator THEN FREE
Piñón	Band_trans		Piñón	Empacar	FIRST 1	
Piñón	Empacar	WAIT N(40,3)	Piñón	Pallet	FIRST 1	MOVE WITH Operator THEN FREE
Piñón	Pallet	Accum 6 WAIT 3	Piñón	EXIT	FIRST 1	

Fuente: Autor a partir del software ProModel

Para terminar la construcción del modelo se crean las llegadas. >**BUILD** > *Arrivals* y se ingresa la información de la figura 47, la cual se obtiene de la descripción del de la situación.

Figura 47. Llegadas al sistema



Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Currence	Frequency	Logic...	[sab]
Piñon	Recepción	1	0	inf	E(15)		No

Fuente: Autor a partir del software ProModel

Finalmente en el menú >**SIMULATION** > *Options*, en el tiempo de corrida (*Run Time*), se señalan 4 horas, para hacer la simulación del modelo por este tiempo. En el mismo menú, se selecciona *Save and Run*. Cuando el modelo este corriendo se puede modificar la velocidad, moviendo la barra de la parte superior. Para terminar se obtienen los resultados y se analiza el modelo.

BIBLIOGRAFÍA

BLANCO, Luis y FAJARDO Iván. Simulación con ProModel. Casos de Producción y Logística. Segunda Edición. Colección Desarrollo Empresarial. Pág.211.

Tomado de Curso Básico de Entrenamiento. (Recuperado el 30 de Agosto de 2008). Disponible en Internet: <http://www.promodel.com.mx/promodel.php>.

Promodel, Visualizar, analizar, optimizar. (Recuperado el 25 de Agosto de 2008.) Disponible en internet: <http://www.promodel.com.mx/promodel.php>

6.3.7 GUÍA 7. Caso Producción con Promodel:

El objetivo de esta guía consiste en establecer la importancia de la simulación construyendo el funcionamiento de un sistema productivo.

 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA	GUÍA N° 7		Duración: 2 horas
	Caso Producción con Promodel		
	Unidad: Mejoramiento de las Operaciones		Nivel de Experticia: Medio

OBJETIVO GENERAL

Establecer la importancia de la simulación y aplicar herramientas de la Teoría de restricciones para mejorar la productividad.

RECURSOS A UTILIZAR

Software Promodel

MARCO TEÓRICO

La Teoría de Restricciones (TOC) ⁶⁴ es una filosofía holística desarrollada por el Dr. Eliyahu M. Goldratt, usualmente aplicada para manejar y mejorar una organización. Se basa en Herramientas de Resolución de Problemas y de Gerencia/Toma de Decisiones llamadas Procesos de Pensamiento. Es aplicada para responder lógicamente y sistemáticamente estas cuatro preguntas esenciales de cualquier proceso de mejora continua:

- ¿Qué cambiar?
- ¿Hacia qué cambiar?
- ¿Cómo causar el cambio?
- ¿Cómo asegurar la mejora continua?

La TOC postula que la meta de las organizaciones con ánimo de lucro es generar dinero, hoy y en el futuro, mediante la satisfacción de clientes, empleados y accionistas, lo cual requiere considerar las siguientes prioridades:

⁶⁴ Tomado de: ¿Qué es TOC? Universidad Externado de Colombia. Disponible en Internet: <http://administracion.uexternado.edu.co/educonti/TOC/default.asp?id=2&mnu=2>

1. Incrementar el Throughput
2. Reducir el Inventario
3. Reducir el Gasto de Operación

Los Parámetros de operación según Goldratt son:⁶⁵

Throughput (TH): Tasa a la cual la empresa produce unidades vendibles por unidad de tiempo.

Work in process (WIP): Cantidad de materias primas y productos en proceso que se encuentra en el sistema.

Cycle Time (CT): Tiempo que gasta un producto desde que ingresa al sistema hasta que sale.

Cuello de botella (CB): Operación más lenta del proceso, o la que produce el menor Throughput en determinado tiempo. Es la operación que marca el ritmo de la producción.

Tasa del cuello de botella (rb): Tasa de producción de la operación cuello de botella. Se mide en productos por unidad de tiempo.

Inventario: Todo el dinero que la empresa invierte en materiales, instalaciones, tecnología, etc., que posteriormente se puede vender.

Gastos de operación: Dinero que la empresa invierte para convertir los inventarios en Throughput.

Parámetros como el Throughput, el Work In Process, y el Cycle Time son definidos e interrelacionados mediante la Ley de Little:

$$TH = WIP / CT$$

En cuanto más largo sea *el tiempo de ciclo*, menor será el *Throughput* con un nivel de inventario constante.

⁶⁵ BLANCO Rivero, Luis Ernesto y Otros. Simulación con Promodel Casos de Producción y logística. Segunda Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2003 Pág. 107

Lectura Recomendada:

La Meta. Un proceso de mejora continua. Escrito por Eliyahu Goldratt y Jeff Cox

PROCEDIMIENTO

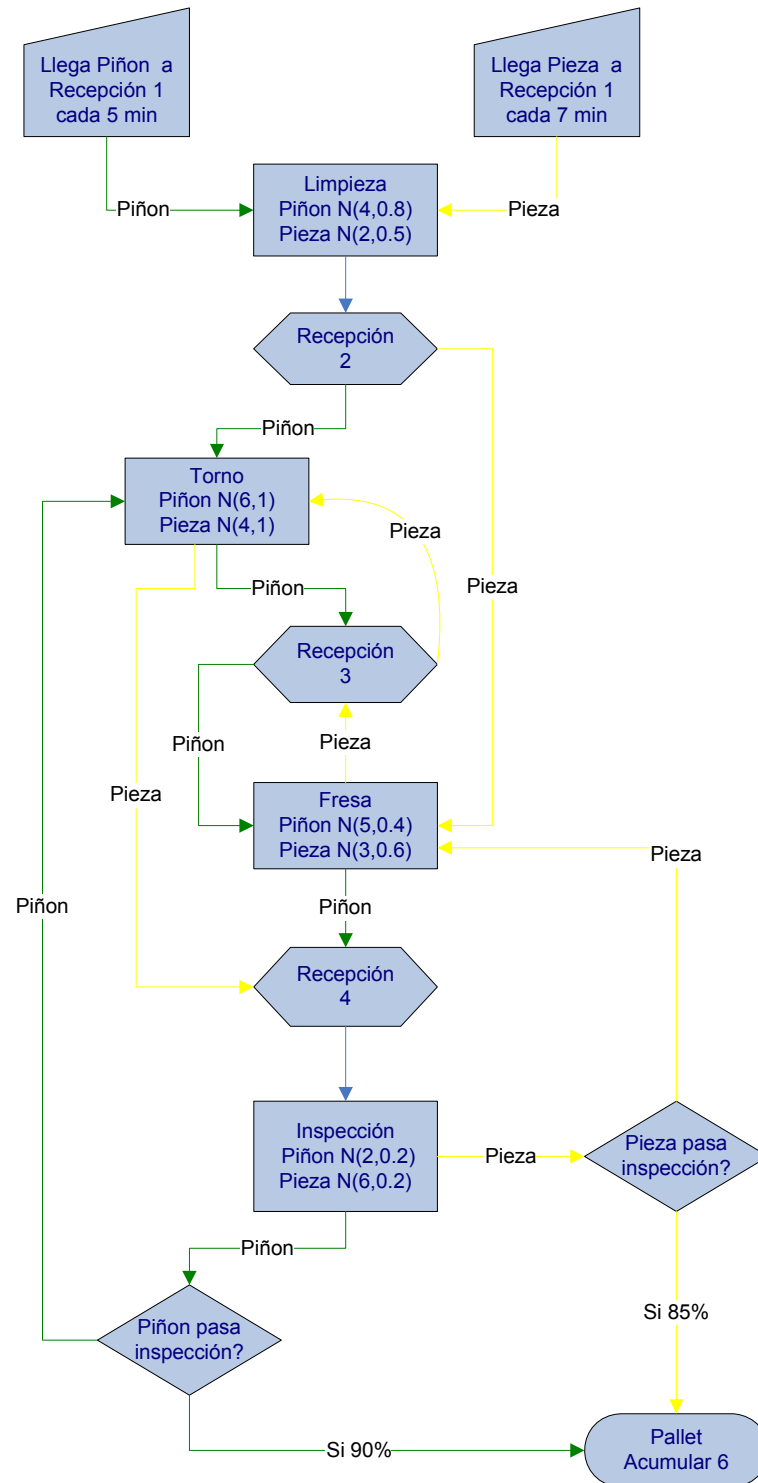
CASO 1. Teoría de Restricciones. Tomado de: BLANCO Rivero, Luis Ernesto y Otros. Simulación con Promodel Casos de Producción y logística. Segunda Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2003 Pág. 107

Juan Carlos Rodríguez, ingeniero industrial recién egresado, ha comenzado a trabajar en Industrias ECI y ha sido asignado al área de producción con la tarea específica de mejorar la productividad. Juan Carlos todavía recuerda toda una serie de herramientas que aprendió en su curso de producción, relacionadas con dicha área: pronósticos, inventarios, MRP, JIT, PERT, planeación agregada, secuenciación, etc. pero no sabe por dónde comenzar.

En su última visita a la planta encontró exceso de inventarios, desordenes, pedidos atrasados, órdenes de producción incompletas y un clima organizacional bastante caldeado, debido a las recriminaciones mutuas entre trabajadores y directivos.

Juan Carlos recordó que en situaciones en las que la experimentación real es muy costosa, lo mejor es utilizar la simulación para observar diferentes comportamientos del sistema. La simulación es una representación ficticia de una situación real, que permite cambiar sus parámetros y variables. Se experimenta con un modelo, que es una abstracción de la realidad, y el conocimiento adquirido en la simulación se aplica en el mundo real. Cuanto mejor sea el grado de aproximación de la simulación a la realidad, mayor será su utilidad. El primer paso, entonces, era construir el modelo del sistema a partir del diagrama de flujo del proceso. (Ver gráfica 3)

Gráfica 3. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Autor

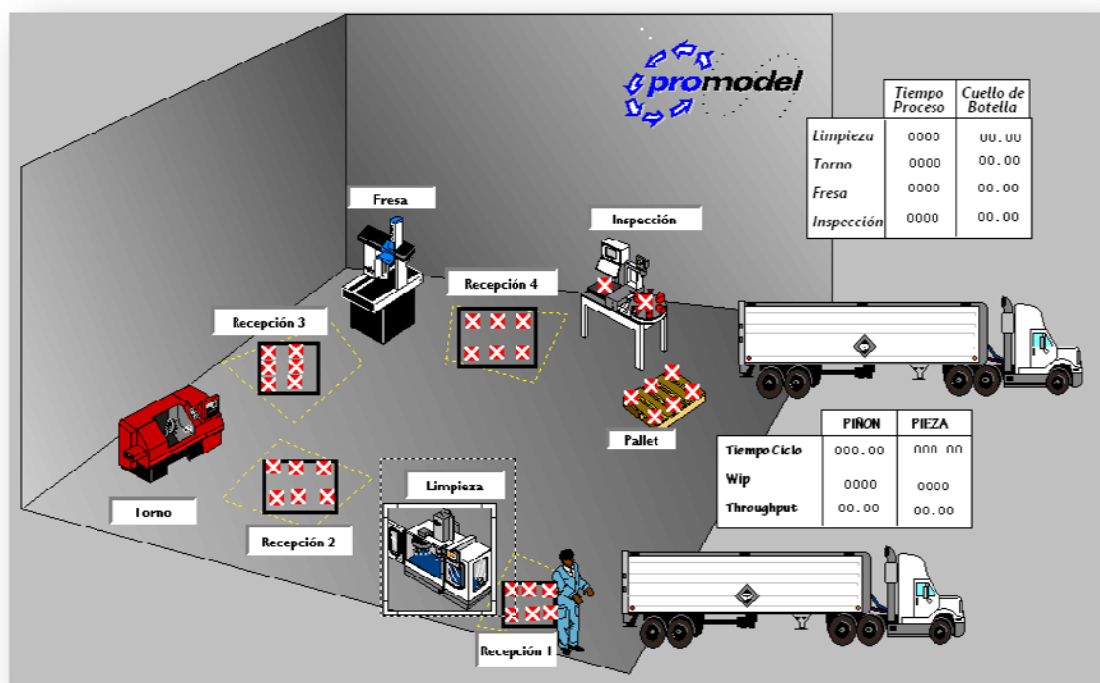
Simular con Promodel

El primer paso para definir el sistema es tener claro el proceso que se desea simular y obtener información necesaria respondiendo las preguntas que se formulan a continuación.

¿Cómo está distribuida la planta (layout)? ¿Cuáles son sus dimensiones?

La distribución de la planta ECI se muestra en la Figura 48. Layout distribución de planta. A continuación se dan las instrucciones para crear el modelo y obtener el layout de la gráfica:

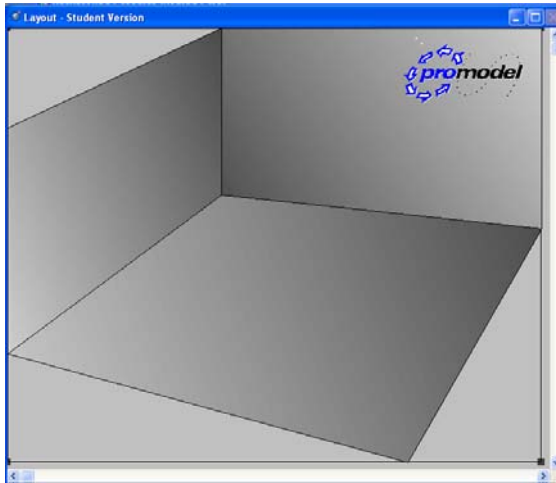
Figura 48. Layout Distribución de Planta



Fuente: Autor a partir del Software Promodel

Con base a la figura se construye el modelo siguiendo el orden que se encuentra en el menú **Build**: Locaciones, Entidades, Red de rutas, Recursos, Proceso y Llegadas.

Figura 49. Ventana Layout con fondo



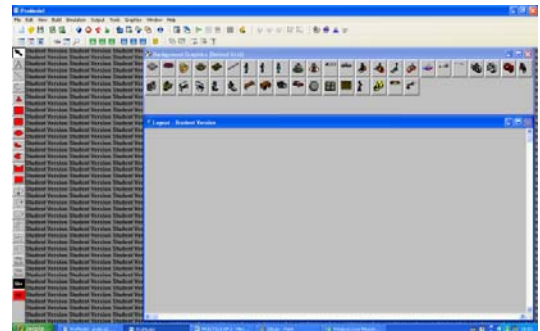
Fuente: Autor a partir del Software Promodel

Windows Metafile y se selecciona el tutorialback. Clic en aceptar. La ventana Layout se ve como la figura 49.

El fondo del modelo, paredes y pisos, de la plata se pueden construir mediante la siguiente instrucción menú **>Build >Background Graphics > Behind Grid**. Para este modelo se utilizó el predeterminado por Promodel importándolo como se explica a continuación **>Edit > Import Graphic**.

En la parte inferior de la ventana que se abre, se cambia el tipo del archivo por


Figura 50. Herramientas de Dibujo



Fuente: Autor a partir del Software Promodel

De lo contrario se pueden construir paredes, letreros, pisos con las herramientas de dibujo que aparecen al seleccionar **Behind Grid**.

¿Cuántos centros de trabajo (locations) tiene el proceso?

El modelo tiene 9 instalaciones (locations): limpieza, torno, fresa, inspección, pallet y las 4 recepciones. Para crear las locaciones haga clic en el menú **>Build > Locations**. En la ventana gráfica seleccione el grafico que representa la locación haciendo clic en él, luego haga clic en la ventana layout, ubíquelo y modifíquelo a su gusto. Siga el mismo procedimiento para las otras locaciones, tenga en cuenta que las recepciones son áreas marcadas en el piso y tienen capacidad infinita. Para crear estas áreas haga clic en el icono  de la ventana gráfica. Al

terminar, se tiene como resultado la siguiente tabla maestra para la locaciones.

Figura 51. Locaciones modelo TOC

Icon	Name	Cap.	Units	Dts...	Stats	Rules...	Notes...
	Limpieza	1	1	None	Time S Oldest		
	Torno	1	1	None	Time S Oldest		
	Fresa	1	1	None	Time S Oldest		
	Inspección	1	1	None	Time S Oldest		
	Pallet	inf	1	None	Time S Oldest		
	Recepción_1	inf	1	None	Time S Oldest		
	Recepción_2	inf	1	None	Time S Oldest		
	Recepción_3	inf	1	None	Time S Oldest		
	Recepción_4	inf	1	None	Time S Oldest		

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

Con el propósito de modificar, agregar nombre o cambiar gráfica de las locaciones se deshabilita el icono new ☒ New de la ventana gráfica.

Para agregar nombre seleccione el icono deshabilitando New y luego clic en la locación de la ventana layout.

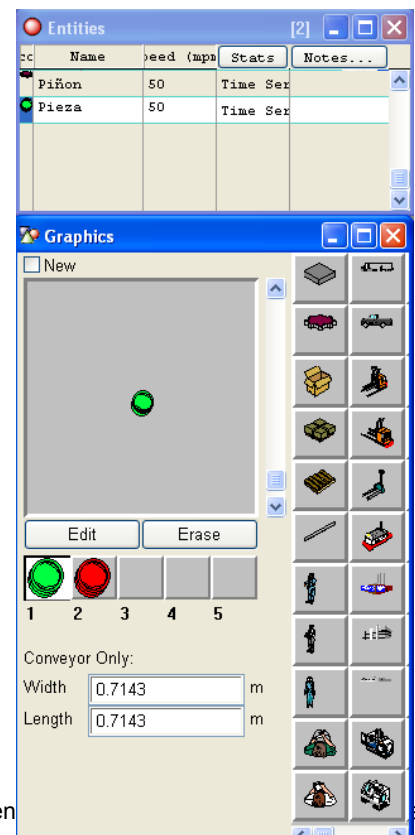
¿Cuántos productos o subproductos (entities) tiene el modelo?

>Build > Entities

En el modelo se incluyeron dos entidades, el piñón y la pieza cada una de estas, tiene dos gráficas para diferenciar el proceso realizado en ellas.

De la ventana *Graphics* seleccionar la gráfica que identifica a la entidad, darle nombre y deshabilitar New para agregar otra gráfica a la misma entidad. Para cambiar el color haga clic en *Edit*, para modificar el tamaño se utiliza la barra que se desplaza al lado derecho de la gráfica.

Figura 52. Entidades del modelo

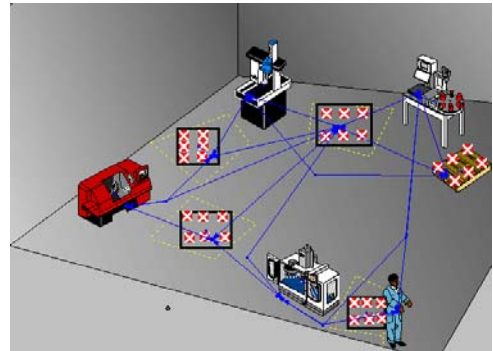


Fuen

¿Quién, dónde y cuándo requiere un recurso?

>Build > Path Networks. Antes de crear los operarios (recurso que mueve la entidad por las instalaciones) se asigna la ruta por donde se va desplazar. Los operarios se trasladan por la Net 1. para este caso se denominó RECORRIDO, los desplazamientos están definidos por el tiempo que se demora en hacer el desplazamiento y está conformado por 9 nodos y 16 trayectorias.

Figura 53. Recorrido



Fuente: Autor a partir del Software Promodel

Figura 54. Trayectorias e interfaces del modelo

Paths			
From	To	BI	Time
N1	N2	Bi	0.13
N2	N3	Bi	0.13
N3	N4	Bi	0.20
N4	N5	Bi	0.22
N5	N6	Bi	0.10
N6	N7	Bi	0.16
N6	N8	Bi	0.17
N8	N9	Bi	0.08
N9	N7	Bi	0.24
N8	N5	Bi	0.17
N8	N3	Bi	0.25
N8	N4	Bi	0.32
N2	N9	Bi	0.29
N2	N8	Bi	0.33
N7	N8	Bi	0.19
N1	N9	Bi	0.40

Ojo con el tiempo

Interfaces	
Node	Location
N1	Recepción_1
N2	Limpieza
N3	Recepción_2
N4	Torno
N5	Recepción_3
N6	Fresa
N7	Pallet
N8	Recepción_4
N9	Inspección

Fuente: Autor a partir del software Promodel

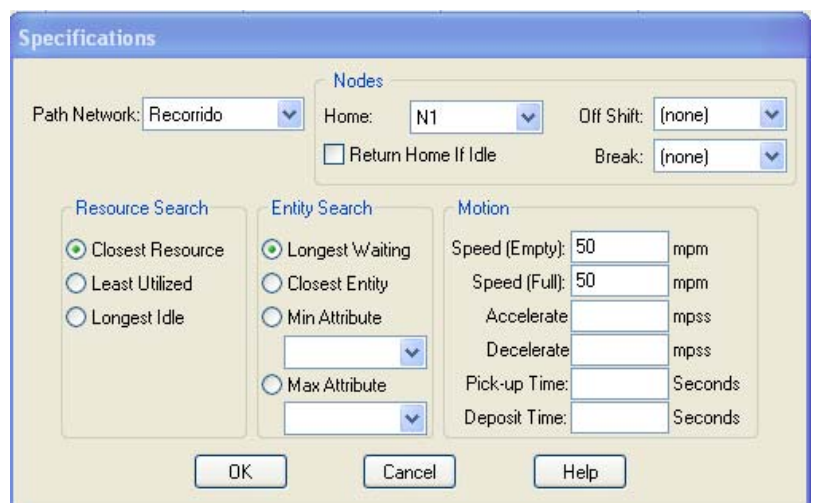
Para crear la trayectoria haga clic en la ventana *Paths* y comience creando los nodos (punto de del recorrido de donde sale y/o llega la trayectoria). Haga clic en la locación recepción 1, se crea un punto (N1) y una línea para señalar el recorrido. Haciendo doble clic en limpieza se crea (N2) y termina esa trayectoria. Cree las 16 trayectorias que tiene el modelo guiándose por las figura 54. Tenga en cuenta el tiempo del recorrido, para cambiar de distancia a tiempo, en la ventana maestra hacer clic en *T/S* y seleccionar *Time*. Para determinar las interfaces; que son la asignación de un nodo a determinada locación; haga clic en *Interfaces* de la tabla maestra y haciendo clic en la lista asigne a cada nodo una locación como indica la figura 54.

> Build > Resources

El recurso en este modelo son los 4 operarios, quienes se encuentran ubicados en la recepción 1, mueven las entidades entre las locaciones y luego quedan libres. Se utiliza el operario que este más cercano a la instalación

Figura 55. Especificaciones Operario

Para crear el recurso seleccione el icono gráfico, modifique el tamaño con la barra que se desliza al lado derecho de la gráfica, asígnele un nombre, en Units ingrese el número 4 porque el modelo tiene 4 operarios. Doble clic en *Specs...* y abre la ventana Specifications, en esta ventana se determina especificaciones del operario.



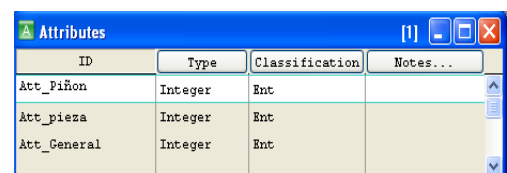
Fuente: Autor a partir del software Promodel

El siguiente paso es crear el proceso, sin embargo es necesario crear unos atributos, variables y subrutinas que se utilizaran en el proceso.

> Build > Attributes

Figura 56. Atributos del Modelo

Se utilizaron tres atributos que son “Super-Variables” en donde se guarda, en este caso, “El tiempo de llegada al sistema” de cada una de las entidades. Para crearlas ingrese la información que se muestra en la figura 56.



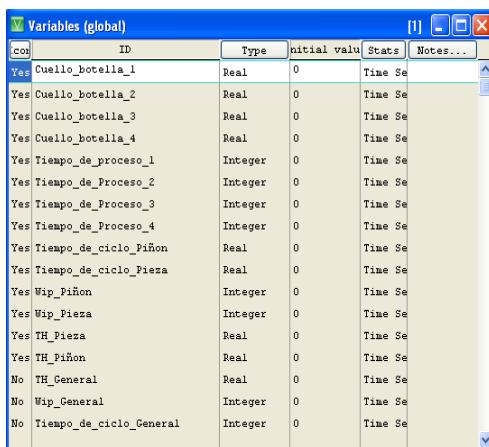
ID	Type	Classification	Notes...
Att_Piñon	Integer	Ent	
Att_pieza	Integer	Ent	
Att_General	Integer	Ent	

Fuente: Autor a partir del Software Promodel

> Build > Variables

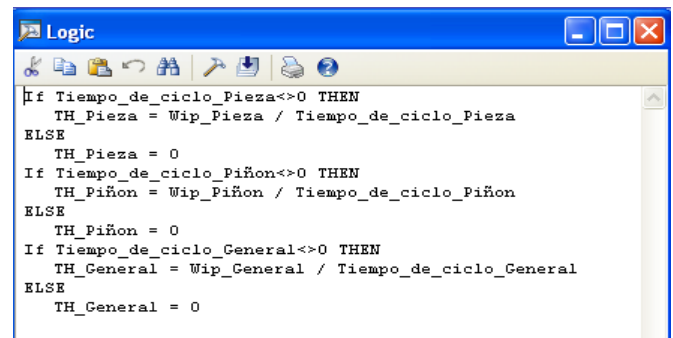
A su vez se utilizan 17 variables para medir tasas de producción, tasa de cuello de botella, tiempos de proceso, tiempos de ciclo, inventarios en proceso y el throughput. Ver Figura 57. Si desea que la variable se muestre en el layout haga clic en icono de la ventana *variables* y luego en el layout, para editarlos o colocarles nombres, haga clic en >Build > BackGround Graphics.

Figura 57. Variable del modelo



	ID	Type	initial value	Units	Notes...
Yes	Cuello_botella_1	Real	0	Time Se	
Yes	Cuello_botella_2	Real	0	Time Se	
Yes	Cuello_botella_3	Real	0	Time Se	
Yes	Cuello_botella_4	Real	0	Time Se	
Yes	Tiempo_de_proceso_1	Integer	0	Time Se	
Yes	Tiempo_de_proceso_2	Integer	0	Time Se	
Yes	Tiempo_de_proceso_3	Integer	0	Time Se	
Yes	Tiempo_de_proceso_4	Integer	0	Time Se	
Yes	Tiempo_de_ciclo_Piñon	Real	0	Time Se	
Yes	Tiempo_de_ciclo_Pieza	Real	0	Time Se	
Yes	Wip_Piñon	Integer	0	Time Se	
Yes	Wip_Pieza	Integer	0	Time Se	
Yes	TH_Pieza	Real	0	Time Se	
Yes	TH_Piñon	Real	0	Time Se	
No	TH_General	Real	0	Time Se	
No	Wip_General	Integer	0	Time Se	
No	Tiempo_de_ciclo_General	Integer	0	Time Se	

Figura 58. Subrutina Id



```

If Tiempo_de_ciclo_Pieza<>0 THEN
  TH_Pieza = Wip_Pieza / Tiempo_de_ciclo_Pieza
ELSE
  TH_Pieza = 0
If Tiempo_de_ciclo_Piñon<>0 THEN
  TH_Piñon = Wip_Piñon / Tiempo_de_ciclo_Piñon
ELSE
  TH_Piñon = 0
If Tiempo_de_ciclo_General<>0 THEN
  TH_General = Wip_General / Tiempo_de_ciclo_General
ELSE
  TH_General = 0
  
```

Fuente: Autor a partir de software Promodel

Fuente: Autor a partir del Software Promodel

>Build > Subroutines.

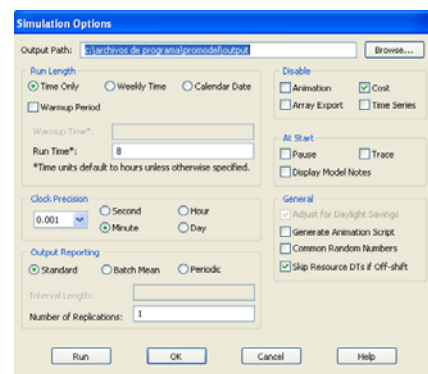
Con el fin de evitar que en el proceso de calcular el Throughput aparezca una división por cero, ya que el tiempo de ciclo sólo se calcula cuando haya salido la primera pieza. Se crea la subrutina id que lo calcula cuando el tiempo de ciclo es diferente de 0, de lo contrario hace el Throughput igual a 0. Ver Figura 58 para definir la subrutina del modelo.

Figura 59. Ventana Opciones de Simulación

>Simulation > Options

¿Cuánto tiempo se simulará el proceso?

El proceso se simula por 8 horas.



¿Cuáles son los tiempos de proceso de cada centro de trabajo?

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

	Piñón	Pieza
Limpieza	N(4,0.8)	N(2,0.5)
Torno	N(6,1)	N(4,1)
Fresa	N(5,0.4)	N(3,0.6)
Inspección	N(2,0.2)	N(6,0.2)

Estos tiempos se utilizan durante la creación del proceso. **>Build >Processing**

¿Qué tan variable es el proceso? ¿Se podría estandarizar?

El proceso se encuentra consignado en la Tabla 8. Proceso del modelo y se explica a continuación. Se inicia el proceso cuando llega el piñón a la *recepción 1*, se hace uso de la subrutina *id*, el atributo *Att_piñon=Clock ()*; coloca la hora de llegada y *INC* incrementa el *WIP* del piñón y el general. El efecto de las instrucciones *FIRST 1* y *MOVE WITH Operario THEN FREE*, es recoger la primera unidad disponible, llevarla con el operario a la siguiente instalación, en este caso limpieza y dejarlo libre, para que retorne a su sitio de trabajo, *Nodo 1*.

En la segunda instrucción, mediante *Real x*, el programa crea una variable interna *x* en donde va a almacenar un tiempo definido por una distribución normal con media de *tiempo de proceso 1 = 4* y desviación estándar 0.8. En la variable *tasa cuello de botella 1* se guarda el valor $1/x$. Con *Wait x* el programa hace que la entidad piñón espere un tiempo $n(4,0.8)$ en la operación limpieza.

Las otras instrucciones son similares, teniendo en cuenta los tiempos en cada proceso especificados anteriormente. Pasa, a *recepción 2* y luego al torno, en el torno se hace uso de *GRAPHIC 2*, para diferenciar el cambio del piñón al pasar por esta instalación. De allí pasa a *recepción 3*, luego a fresa, *recepción 4*, y finalmente inspección, tener en cuenta que en esta instalación tiene una probabilidad detectando 10% defectuosas y enviándolas nuevamente al torno.

Pasan a pallet y se acumulan 4, se DEC (decremento) la variable WIP para luego salir del sistema.

Tabla 8. Proceso del Modelo Guía 6.

Process				Routing			
Instrucción	Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
1	Piñon	Recepción 1	id() Att_Piñon= Clock () INC Wip_Piñon INC Wip_General	Piñon	Limpieza	First 1	Move with Operario Then free
2	Piñon	Limpieza	REAL x id Tiempo_de_proceso_1=4 x=n(Tiempo_de_proceso_1,8) Cuello_botella_1=1/x Wait x	Piñon	Recepción 2	First 1	Move with Operario Then free
3	Piñon	Recepción 2	id()	Piñon	Torno	First 1	Move with Operario Then free
4	Piñon	Torno	REAL x id Tiempo_de_proceso_2=6 x=n(Tiempo_de_proceso_2,1) Cuello_botella_2=1/x Wait x GRAPHIC 2	Piñon	Recepción 3	First 1	Move with Operario Then free
5	Piñon	Recepción_3	id	Piñon	Fresa	First 1	Move with Operario Then free
6	Piñon	Fresa	Real x id Tiempo_de_proceso_3=5 x=n(Tiempo_de_proceso_3,4) Cuello_botella_3 = 1/x Wait x	Piñon	Recepción_4	First 1	Move with Operario Then free
7	Piñon	Recepción_4	id()	Piñon	Inspección	First 1	Move with Operario Then free
8	Piñon	Inspección	Real x id Tiempo_de_proceso_4=2 x=n(Tiempo_de_proceso_4,2) Cuello_botella_4= 1/x Wait x	Piñon	Pallet	0.9	Move with Operario Then free
				Piñon	Torno	0,1	Move with Operario Then free
9	Piñon	Pallet	id() ACCUM 4 DEC Wip_Piñon Dec Wip_General	Piñon	Exit	First 1	Tiempo_de_cido_Piñon= Clock () - Att_Piñon Tiempo_de_cido_General = Tiempo_de_cido_Piñon
10	Pieza	Recepción_1	id() Att_Piñon= Clock () INC Wip_Pieza INC Wip_General	Pieza	Limpieza	First 1	Move with Operario Then free
11	Pieza	Limpieza	REAL x id Tiempo_de_proceso_1=2 x=n(Tiempo_de_proceso_1,5) Cuello_botella_1=1/x Wait x	Pieza	Recepción_2	First 1	Move with Operario Then free
12	Pieza	Recepción_2	id	Pieza	Fresa	First 1	Move with Operario Then free
13	Pieza	Fresa	Real x id Tiempo_de_proceso_3=3 x=n(Tiempo_de_proceso_3,6) Cuello_de_botella_3 = 1/x Wait x	Pieza	Recepción_3	First 1	Move with Operario Then free
14	Pieza	Recepción_3	id	Pieza	Torno	First 1	Move with Operario Then free
15	Pieza	Torno	REAL x id Tiempo_de_proceso_2=4 x=n(Tiempo_de_proceso_2,1) Cuello_botella_2=1/x Wait x GRAPHIC 2	Pieza	Recepción_4	First 1	Move with Operario Then free
16	Pieza	Recepción_4	id	Pieza	Inspección	First 1	Move with Operario Then free
17	Pieza	Inspección	Real x id Tiempo_de_proceso_4=6 x=n(Tiempo_de_proceso_4,2) Cuello_botella_4= 1/x Wait x	Pieza	Pallet	0.85	Move with Operario Then free
				Pieza	Fresa	0.15	Move with Operario Then free
18	Pieza	Pallet	id() ACCUM 6 DEC Wip_Pieza Dec Wip_General	Pieza	Exit	First 1	Tiempo_de_cido_Pieza= Clock () - Att_Pieza Tiempo_de_cido_General = Tiempo_de_cido_Pieza

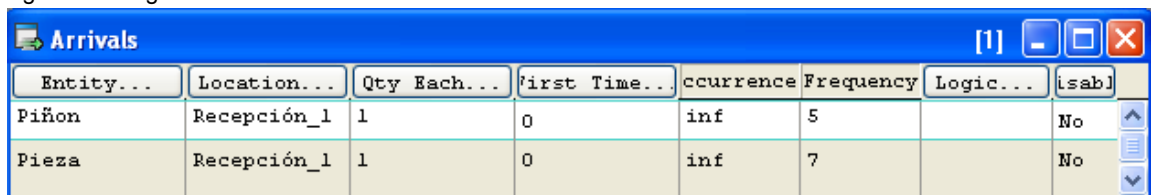
Fuente: Autor a partir de Software Promodel

El proceso de la pieza es similar con los tiempos de proceso especificados anteriormente, después de la *limpieza*, va a la *recepción 2*, pasa a la *fresa*, *recepción 3*, *torno* y *recepción 4*. El cambio de grafica se hace en la fresadora, la probabilidad de encontrar una defectuosa es el 15% y vuelve a la fresadora, se acumulan de 6 unidades para salir del sistema.

>Build > Arrivals

Los Piñones están llegando con una frecuencia de uno cada 5 minutos y las piezas con una frecuencia de una cada 7 minutos.

Figura 60. Llegadas al sistema



Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrence	Frequency	Logic...	[isab]
Piñon	Recepción_1	1	0	inf	5		No
Pieza	Recepción_1	1	0	inf	7		No

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

A continuación se corre el programa >**Simulation > Save and Run** y se analizan los resultados.

ACTIVIDAD

Una vez analizados los resultados, organizar la información necesaria que evidencie que la actual política del gerente de mantener siempre ocupados a los operarios “adelantando trabajos” estaba disminuyendo la productividad de la empresa. Proponer mejoras al proceso y simular el modelo.

BIBLIOGRAFÍA

¿Qué es TOC? Universidad Externado de Colombia. Recuperado el 2 de Septiembre de 2008. Disponible en Internet: <http://administracion.uexternado.edu.co/educonti/TOC/default.asp?id=2&mnu=2>

BLANCO Rivero, Luis Ernesto y Otros. Simulación con Promodel Casos de Producción y logística. Segunda Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2003 Pág. 107.

6.3.8 GUÍA 8. Caso Logística con Promodel:

En esta guía se plantea a través de la simulación el concepto de Logística, involucrando los elementos que la conforman y simulando sus procesos e interacciones con ayuda del software Promodel, familiarizando al estudiante con su Entorno.

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small>	GUÍA N° 8	Duración: 80 mín
	Caso Logística con Promodel	
	Unidad: Sistema logística de la empresa	Nivel de Experticia: Medio

OBJETIVO GENERAL

Reforzar el concepto de logística simulando sus procesos y familiarizar al estudiante con el entorno de Promodel.

RECURSOS A UTILIZAR

Software Promodel

MARCO TEÓRICO

EDI (Electronic Data Interchange)⁶⁶ es el intercambio electrónico de datos estructurado de computadora a computadora y de aplicación a aplicación, utilizando un formato estándar para los documentos. En la práctica, EDI representa el intercambio de mensajes normalizados entre empresas, cubriendo entre otras las necesidades del comercio, el transporte, las aduanas, los seguros y la fabricación.

Los beneficios de un sistema EDI son:

COSTOS	TIEMPO
Reducción de costos de Inventario. Reducción de costos administrativos. Reducción de costos de transporte. Reducción de costos de oficina. Reducción de costos de operación.	Reducción directa en todo el ciclo de negocio. Intercambio de información a cualquier hora Menor tiempo en aclaraciones. Reducción de tiempo en el proceso para dar de alta la información en los sistemas administrativos. Menor tiempo dedicado a la conciliación de diferencias / errores. Disminución de tiempo administrativo.

⁶⁶ Tomado a partir del Manual Intercambio Electrónico de Datos (EDI). Disponible en Internet: http://www.amece.org.mx/amece/Documentos/estandares/estandares%20comunicacion/MANUAL_EDI.pdf

EFICIENCIA	INCREMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD
Reducción de los niveles de inventario y faltantes. Mejor planeación para recepción / embarque. Mejor utilización de espacios en el almacén. Proyección más exacta de inventarios. Reducción de errores en los mensajes y las acciones correctivas resultantes. Menores situaciones de órdenes pendientes y devoluciones. Incremento en el nivel de servicio a clientes y proveedores. Automatización de la Información.	Mejores decisiones del comprador. Tiempo para que los vendedores “vendan” en lugar de recoger pedidos. Menos tiempo en la solución de discrepancias de Órdenes / Facturas. Mejor Información sobre el estado de los documentos. Más oportunidad en compras alternativas. Aumento en la productividad del personal.

CASO DE LOGÍSTICA

Tomado de BLANCO, Luis y FAJARDO Iván. Simulación con Promodel. Casos de Producción y Logística. Segunda Edición. Colección Desarrollo Empresarial. Pág. 211.

A Darío Saavedra Ingeniero industrial de ServiECI, se le encomendó la tarea de realizar una presentación breve, clara y concisa sobre *logística*. Buscando información halló:

En *Logistic Engineering and Management*⁶⁷ encontró que: “Logística es el proceso de planeación, implementación y control eficiente y efectivo del flujo y almacenamiento de materias primas, inventarios de productos en proceso y productos terminados y de toda la información desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el propósito de satisfacer las necesidades de los clientes”.

En el libro de publicación más reciente, *Introduction to Supply Chain Management*, sus autores hablan del renacimiento logístico actual, pero se centran en la hoy conocida cadena de abastecimientos, que definen de manera similar a la logística⁶⁸: “La cadena de abastecimientos armoniza todas las actividades

⁶⁷ Benjamin Blanchard, *Logistics Engineering and Management*, 4 ed., Nueva Jersey, Prentice Hall, 1992. P 3

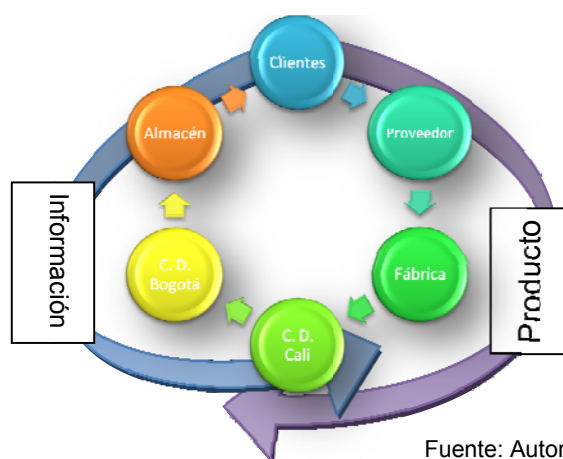
⁶⁸ Robert Handfield y Ernest Nichols. *Introduction to supply Chain Management*, Nueva Jersey, Prentice Hall, 1999 p, 2.

asociadas con el flujo y transformación de bienes desde la etapa de las materias primas (extracción) hasta el usuario final, así como todos sus flujos de información asociados. Los materiales y la información fluyen en los dos sentidos, hacia arriba y abajo, dentro de la cadena de abastecimiento”.

En logística y aprovisionamiento, Chistopher⁶⁹ define la logística como “el proceso de gestionar estratégicamente la obtención, movimiento, y almacenamiento de materias primas, componentes y existencias terminadas (y los flujos de información relacionada) a través de la organización y sus canales de marketing de tal forma que la rentabilidad futura se vea maximizada a través del cumplimiento de los pedidos en relación con los costes”.

Darío encontró que las tres definiciones eran muy similares. En ellas se destacan dos flujos: el de información y el de materiales en transformación o en proceso de agregación de valor. Por otra parte, existe toda una labor de gestión (dirección, planeación, programación, control) para que los pedidos de los clientes se satisfagan oportunamente, con calidad y precios competitivos. Halló además que logística y cadena de abastecimiento son sinónimas.

Figura 61. Proceso Logística a modelar



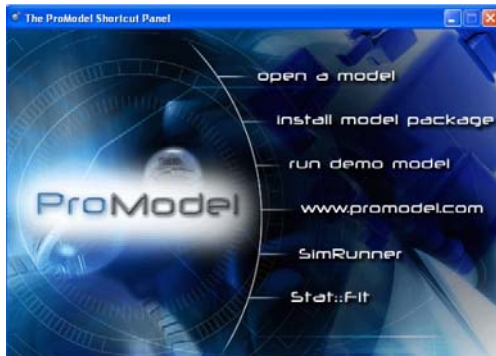
Fuente: Autor

⁶⁹ Martin Chistopher. Logística y aprovisionamiento. Cómo reducir coste, stocks y mejorar los servicios. Biblioteca de Empresa. Barcelona, Ediciones Folio S.A. 1994. Op cit., p. 12.

PROCEDIMIENTO

Al abrir el programa de ProModel, se encuentra con la ventana de la Figura 62 que permite acceso rápido a algunas aplicaciones.

Figura 62. Panel de Acceso Rápido



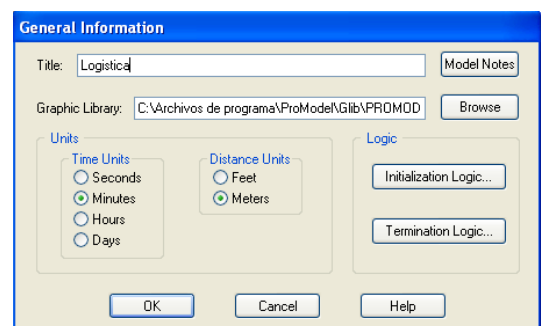
Fuente: Autor a partir de Software Promodel

Como se está comenzando a crear el modelo, no se hace uso de estas aplicaciones y se cierra esta ventana para dejar abierta una de las ventanas principales, el layout. En el layout se muestra gráficamente lo que se está construyendo en el modelo.

Al crear el nuevo modelo es necesario colocar el título, especificar las unidades de tiempo y distancia en las que se va a trabajar. Esto se define en la ventana de Información General, que se obtiene al hacer clic en el menú **>File (Archivo) > New (Nuevo)**, para crear un nuevo modelo.

Para el modelo que se va a crear, el título es “Logística”, la librería a utilizar es PROMOD6, que se busca a través de Browse, la unidad de tiempo minutos y distancia en metros.

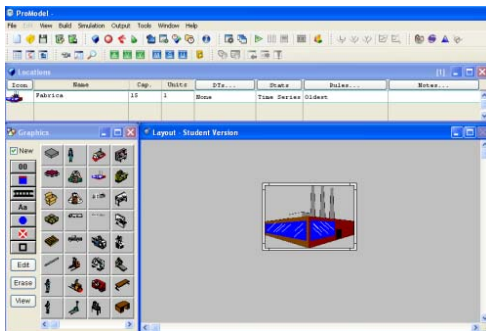
Figura 63. Información General



Fuente: Autor a partir de Software Promodel

Las especificaciones y características del modelo se construyen desde el menú **BUILD**, donde se definen las locaciones, entidades, recursos, entre otros.

Figura 64. Ventanas Promodel



Fuente: Autor a partir de Software Promodel

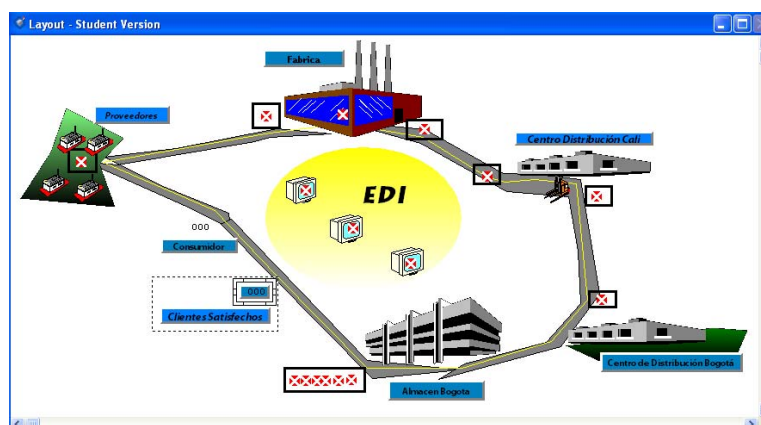
Al seleccionar del menú **BUILD**, por ejemplo “locations”, ProModel automáticamente abre tres ventanas, la tabla maestra, la ventana gráfica y el layout. Estas ventanas cambian dependiendo de la característica que se va a construir.

Para crear una locación se selecciona de la ventana gráfica la imagen haciendo clic izquierdo, se ubica donde se desee en el *layout* y nuevamente clic izquierdo. Se puede ajustar de tamaño y cambiar de ubicación la gráfica en el layout.

Automáticamente en la tabla maestra se crea un registro, con características de la locación como el icono, nombre, capacidad, número de unidades, tiempos muertos y otros. Si desea adicionar otra gráfica a la locación sin crear otra, deshabilite el botón New de la ventana gráfica. Para eliminar un registro, selecciónelo de la tabla maestra, del menú **>Edit** seleccione **> Delete**. Si lo borra del layout, la locación no se elimina, solo borra el gráfico.

Al final, el layout que se va obtener de la simulación del concepto de logística es el siguiente:

Figura 65. Layout Logística



Fuente: Autor a partir de Software Promodel

Para construirlo seguimos los siguientes pasos:

>Build >Locations (Ctrl+L)

Figura 66. Locaciones



Icon	Name	Cap.
	Proveedores	Inf
	Zona_Fabrica_1	30
	Fabrica	15
	Despacho_fábrica	30
	Muelle_llegada_CD	30
	Centro_Distribución_Cali	15
	Muelle_Salida	10
	Muelle_llegada_final_CD	10
	Centro_de_Distribución_Bogotá	5
	Almacen_Bogota	inf
	Producto_entregado_b	30
	Centro_Computo_1	20
	Centro_Computo_2	20
	Centro_Computo_3	20
00	Consumidor	Inf
00	Clientes_Satisfechos	Inf

Fuente: Autor a partir de software Promodel


icono , están representadas por un contador.

Se crean 16 locaciones para el proyecto, todas con características similares como:

Dts (Downtimes) → None.

Statistics → Time Series.

Rules → Oldest.

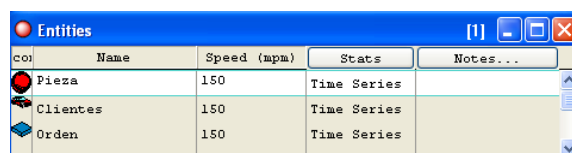
Las locaciones que tienen como icono un recuadro, son locaciones en las que se selecciono de la ventana gráfica, el icono región  para representar la locación por una región y en esta se le adicionan otras graficas deshabilitando NEW. Las que tienen

El siguiente paso es crear las entidades.

>Build >Entities (Ctrl+E)

Dentro del sistema se mueven tres entidades, las piezas (los productos), los clientes y las órdenes (información).

Figura 67. Entidades del Sistema



co	Name	Speed (mpm)	Stats	Notes...
	Pieza	150	Time Series	
	Clientes	150	Time Series	
	Orden	150	Time Series	

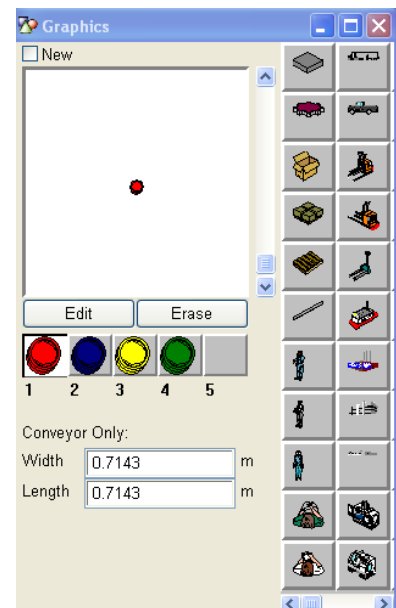
Fuente: Autor a partir de software Promodel

Las piezas al pasar por las locaciones reciben transformación; para simular este proceso e identificar las piezas, se crean varias gráficas dentro de la misma entidad. El procedimiento es:

Figura 68. Ventana gráfica para editar entidades

1. Deshabilitar NEW en la ventana gráfica de la entidad creada pieza.
2. Seleccionar el recuadro 2 y asignarle un gráfico, puede ser el mismo gráfico editando el color, son cuatro gráficas las que identifican la entidad pieza.

Para modificar el tamaño de una entidad se desplaza la barra que se encuentra en la parte derecha del grafico.



Fuente: Autor a partir Software Promodel

>Build >Path Networks (Ctrl+N)

El siguiente paso a seguir es construir el diagrama de recorrido que utiliza los recursos para movilizar las entidades.

Figura 69. Path Network del Sistema

El sistema tiene un una sola ruta

aphic.	Name	Type	T/S	Paths...	erfaces	apping..	odes
	Ruta	Passing	Speed 4	13	13	26	13

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

En la red se especifican características como *Paths* y las *Interfaces*; haciendo clic en **Paths...** en la ventana anterior, se despliega una ventana con este nombre, desde allí se crea el diagrama de recorrido, haciendo clic en el nodo deseado en el layout y doble clic para finalizar. Para el sistema se crea el siguiente recorrido llamado Ruta.

En esta simulación no se tomo en cuenta la distancia entre los nodos, se dejo la distancia que calculaba automáticamente el software.

Figura 70. Paths del sistema

From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	28.41
N2	N3	Bi	12.24
N3	N4	Bi	13.48
N4	N5	Bi	12.44
N5	N6	Bi	8.13
N6	N7	Bi	6.89
N7	N8	Bi	19.37
N8	N9	Bi	9.11
N10	N11	Bi	15.71
N11	N12	Bi	21.61
N12	N13	Bi	14.75
N13	N1	Bi	20.22
N9	N10	Bi	15.50

Fuente: Autor a partir Software Promodel

Otra característica a especificar son las interfaces, esta ventana se obtiene haciendo clic en **Interfaces...** de la ventana Path Networks, en esta ventana a cada nodo se le asigna una locación.

Figura 71. Interface del sistema

Node	Location
N1	Proveedores
N2	Zona_Fabrica_1
N3	Fabrica
N4	Despacho_fabrica
N5	Muelle_llegada_CD
N6	Centro_Distribución_Cali
N7	Muelle_Salida
N8	Muelle_llegada_final_CD
N9	Centro_de_Distribución_Bogotá
N10	Almacen_Bogota
N11	Producto_entregado_b
N12	Clientes_Satisfechos
N13	Consumidor

Fuente: Autor a partir del Software Promodel

>Build >Resources (Ctrl+R)

Seguidamente se crean los recursos, los cuales mueven las entidades por la ruta asignada. Al seleccionar esta opción abre la ventana gráfica donde se selecciona el icono, para editar o cambiar de tamaño se utiliza la opción edit y la barra de desplazamiento.

Figura 72. Recursos del Sistema

Icon	Name	Units	DTs...	Stats	Specs...	Search...	Logic...	ts...	Notes...
	Vehiculo	2	None	By Unit	Ruta, N1	None	0	1	
	Operador_1	1	None	By Unit	Ruta, N3	None	0	1	
	Operador_2	1	None	By Unit	Ruta, N6	None	0	1	

Fuente: Autor a partir del Software Promodel

Se le asigna un nombre. Para la simulación se utilizan tres

recursos, el vehículo (2 unidades), el operador uno y dos. Se da clic en **Specs...** y abre la

ventana donde se especifican características del recurso como ruta por la que se desplaza, nodo de origen, velocidad, tiempo, modo de búsqueda del recurso y de identidad.

Figura 73. Ventana especificaciones recurso vehículo

Fuente: Autor a partir del Software Promodel

Las especificaciones de los operarios son las mismas, lo único que cambia es el nodo de origen, para el operario 1 se asigna el nodo N3 y para el operario 2 se asigna el nodo N6.

>Build >Attributes (Ctrl+T)

El atributo es un tipo de variable del sistema, se crea para guardar la información en memoria de una locación o entidad particular. Para el modelo se crean dos atributos de tipo entero para las entidades. Ver figura 74.

Figura 74. Atributos del sistema

ID	Type	Classification	Notes...
att	Real	Ent	
att_orden	Real	Ent	

Fuente: Autor a partir de Promodel

>Build >Variables (Ctrl+B)

Figura 75. Variables del modelo

ID	Type	Initial value	Stats	Notes...
ct	Real	0	Time Ser	
th	Real	0	Time Ser	
wip	Integer	0	Time Ser	
wip2	Integer	0	Time Ser	
wip3	Integer	0	Time Ser	
wip4	Integer	0	Time Ser	
ct_orden	Real	0	Time Ser	

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

Las variables se crean para calcular o guardar información numérica entera o real. En este caso utilizamos 7 variables: 3 reales: el tiempo de ciclo (ct), throughput (th) y el tiempo del

ciclo de la orden (ct_orden); y cuatro enteras: el trabajo en proceso (wip, wip2, wip3, y wip4).

>Build >Subroutines (Ctrl+S)

Se utiliza la subrutina cal_th para calcular el throughput mediante la fórmula:

If (ct<>0) then $th = \frac{wip}{ct}$; que se inserta en la ventana logic.

Figura 76. Subrutina

ID	Type	Parameters...	Logic...
cal_th	None	None	IF (ct<>0) THENcccccth=wip/ct

Fuente: Autor a partir de Software de Promodel

>Build >Processing (Ctrl+P)

El proceso comienza cuando la entidad orden llega del consumidor, en la operación se hace uso del atributo orden para guardar la hora de llegada de la orden y se calcula el th por medio de la subrutina. En el movimiento lógico (Move Logic) se crea una cadena IF que hace uso de las variables wip(1-3), las cuales llevan la cuenta del número de órdenes en cada centro de computo, y junto con el comando INT cant sel define una variable local que lleva la cuenta de las ordenes guardadas en la Zona Fabrica 1, cuando este es menor que 5, se ordena 10 piezas a los proveedores. Si el número de órdenes en el centro de computo 3 es menor que tres, se piden 10 y así sucesivamente con los otros centros de computo. Esto con el fin de tener un control de las órdenes. La instrucción saca la pieza de los proveedores, incrementa el wip con INC, al atributo att se le asigna la hora, la pieza pasa a la fabrica por medio del Vehículo.

Instrucción	Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
1	Orden	Consumidor	att_orden=clock() cal_th()	Cientes	Producto_entregado_b	FIRST 1	<pre> int cant cant=contents(Zona_Fabrica_1) if (wip3<=3) then begin ORDER 10 Orden TO Centro_Computo_3 if (cant<=5) then ORDER n(20,1) pieza TO Proveedores end if (wip2<=0) then begin ORDER 10 Orden TO Centro_Computo_2 end if (wip4<=1) then begin ORDER 5 Orden TO Centro_Computo_1 end //MOVE WITH Vehiculo OR Operador_2 THEN FREE </pre>
2	Pieza	Proveedores	inc wip att=clock() cal_th()	Pieza	Zona_Fabrica_1	FIRST 1	Move with Vehículo THEN FREE

En el siguiente grupo de instrucciones, se observa el comando GRAPHIC., esto con el fin de diferenciar el proceso realizado en cada locación por medio del cambio de color de la pieza. A su vez se observa el comando JOIN 1 que hace

que la pieza se junte con la orden y la orden con una pieza, es por esto que aparece tanto en la operación como en movimiento lógico.

Instrucción	Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
3	Pieza	Zona_Fabrica_1	cal_th() Join 1 Orden GRAPHIC 2	Pieza	Fabrica	FIRST 1	Move with Operador_1 THEN FREE
4	Orden	Centro_Computo_3	cal_th()	Orden	Zona_Fabrica_1	Join 1	Move for o.5
5	Pieza	Fabrica	cal_th() wait e(5) Inc wip3	Pieza	Despacho_fábrica	FIRST 1	Move with Operador_1 THEN FREE
6	Pieza	Despacho_fábrica	cal_th()	Pieza	Muelle_llegada_CD	FIRST 1	Move with Vehículo THEN FREE
7	Pieza	Muelle_llegada_CD	dec wip3 Join 1 Orden cal_th() GRAPHIC 3	Pieza	Centro_Distribución_Cali	FIRST 1	Move with Operador_2 THEN FREE
8	Orden	Centro_Computo_2	cal_th()	Orden	Muelle_llegada_CD	Join 1	Move for o.5
9	Pieza	Centro_Distribución_Cali	wait n(5,1) inc wip2 cal_th()	Pieza	Muelle_Salida	FIRST 1	Move with Vehículo THEN FREE
10	Pieza	Muelle_Salida	cal_th()	Pieza	Muelle_llegada_fina_CD	FIRST 1	Move with Operador_2 THEN FREE
11	Pieza	Muelle_llegada_fina_CD	dec wip2 Join 1 Orden cal_th() GRAPHIC 4	Pieza	Centro_de_Distribución_Bogotá	FIRST 1	Move with Vehículo THEN FREE
12	Orden	Centro_de_Computo_1	cal_th()	Orden	Muelle_llegada_fina_CD	Join 1	Move for o.5

En el último grupo de instrucciones se continúa haciendo uso de las variables, subrutinas y atributos, así como también de los comandos GRAPHIC, JOIN, Inc, dec entre otros. La última instrucción saca a todas las entidades del sistema después de esperar 300 horas.

Instrucción	Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
13	Pieza	Centro_de_Distribución_Bogotá	wait e(2) inc wip4 cal_th() ct=clock()-att	Pieza	Almacen_Bogotá	FIRST 1	Move with Vehículo THEN FREE
14	Pieza	Almacen_Bogotá	cal_th()	Pieza	Producto_entregado_b	Join 1	Move with Vehículo THEN FREE
15	Cientes	Producto_entregado_b	dec wip4 cal_th() Join 1 pieza ct_orden	Cientes	Cientes_Satisfechos	FIRST 1	Move for o.5
16	All	Cientes_Satisfechos	wait 300hr	All	EXIT	FIRST 1	Move for o.5

Figura 77. Llegadas al Sistema

>Build >Arrivals (Ctrl+A)

Para este modelo, las órdenes llegan del

Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	ccurrence	Frequency	Logic...	sab
Orden	Consumidor	N(2,1)	0	infinite	e(15)		No

consumidor, con una Fuente: Autor a partir de Software promodel

frecuencia que sigue una distribución exponencial (15), ocurrencias infinitas y la cantidad que llega obedece a una distribución normal con media de 2, y desviación de 1.

>Simulation >Save & Run

Con esta instrucción se salva y corre el modelo.

BIBLIOGRAFÍA

BLANCO Rivero, Luis Ernesto y Otros. Simulación con Promodel Casos de Producción y logística. Segunda Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2003 Pág. 211

Tomado de Curso Básico de Entrenamiento. (Recuperado el 30 de Agosto de 2008). Disponible en Internet: <http://www.promodel.com.mx/promodel.php>.

Introducción a la Simulación. Disponible en Internet:
<http://wwdi.ujaen.es/asignaturas/computacionestadistica/pdfs/tema1.pdf>

6.3.9 GUÍA 9. Caso 2 Logística con Promodel:

Se desarrolla en el software de simulación Promodel una simulación de cargue y descargue de mercancía, guiados por el caso propuesto en el libro Simulación con Promodel. Casos de producción y logística. Con el desarrollo de esta guía se visualiza la importancia del uso de herramientas de simulación a la hora de tomar decisiones y como el uso de componentes automatizados influyen en la mejora de la productividad de una empresa.

 Universidad Pontificia Bolivariana SECCIONAL BUCARAMANGA	GUÍA N° 9		Duración: 2 horas
	Caso 2 Logística con Promodel		
	Unidad: Centro de distribución		Nivel de Experticia: Medio

OBJETIVO GENERAL

Identificar el uso de la automatización en los procesos logísticos de almacenamiento y la importancia de la simulación en la toma de decisiones.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Simular el cargue y descargue de camiones con el fin de determinar el modelo óptimo.

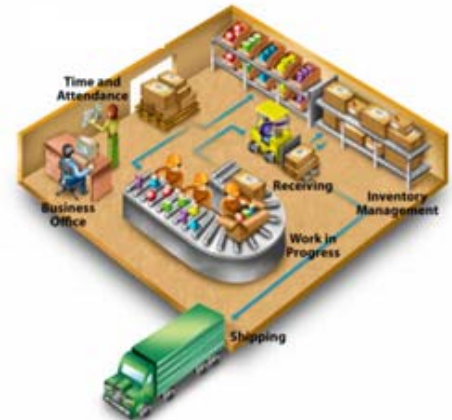
RECURSOS

Software Promodel

MARCO TEÓRICO

El almacenamiento es la parte de la logística que tiene como función proveer un lugar o espacio físico donde se recibe materia prima, productos semiterminados o terminados de fuentes externas, se guarda, se realizan servicios adicionales sobre la mercancía y finalmente se embarca y surte los productos a los destinatarios apropiados conforme se requiere.

Figura 78. Layout de un almacén



Fuente: <http://pymedcrunch.com/wp-content/uploads/warehouse-logic.jpg>

Los objetivos básicos del almacenamiento son optimizar la capacidad de almacenaje y minimizar los movimientos de las mercancías, hacer uso eficiente de la mano de obra y los equipos, tener acceso apropiado a la mercancía, consolidarlas correctamente, protegerlas y poder realizar trazabilidad.

Hoy día es indispensable en el almacenamiento “estar sincronizados en tiempo real con la cadena de suministro, para poder igualar el suministro de la demanda, eliminar el exceso de inventario y optimizar el flujo de bienes a lo largo de la cadena”⁷⁰.

Ahora bien, los elementos claves dentro del almacén son la infraestructura, los procesos, los sistemas y su organización. En cada uno de estos elementos se ha desarrollado mecanismos para automatizar el almacenamiento como los son el código de barras y sus terminales, terminales de RFID (Radio Frequency Identification), terminales de voz, equipos de manejo de materiales con sensores, entre otros.

También se han desarrollado software que integran toda la gestión de los almacenes, como los **Sistemas de administración de Almacenes, o WMS (Warehouse Management System)**, los cuales manejan las funciones de un almacén o centro de distribución. “La funcionalidad de la aplicación incluye recepción, almacenaje, manejo de inventario, conteo de ciclos, permisos de tareas, planificación de órdenes, asignación de órdenes, embalaje, envío, reaprovisionamiento... El uso de tecnología de radio frecuencia junto con códigos de barras proporciona las bases de un WMS, de entrega a tiempo e información exacta en tiempo real.”⁷¹

A continuación se describen algunas de las tecnologías usadas para el manejo automatizado de materiales, teniendo en cuenta que incluye los procedimientos de transporte, manejo y almacenamiento, procesos que no generan valor agregado al producto pero si causa gasto en tiempo y dinero:

⁷⁰ Giral, Francisco. WMS. Congreso y exposición Amece 2007. (Recuperado el 20 de Septiembre de 2008) Disponible en Internet: www.amece.org.mx

⁷¹ Diccionario de Economía y Finanzas. (Recuperado el 25 de septiembre de 2008). Disponible en Internet: <http://www.eumed.net/cursecon/dic/logist.htm>

Figura 79. Tecnologías manejo automatizado de materiales



Fuente: Tomado a partir de: <http://www.logismarket.com.ar/ip/asti-agv-apilador-contrapesado-agv-asti-apilador-contrapesado-385048-FGR.jpg>

- ✓ Las bandas transportadoras⁷²: Las bandas transportadoras constituyen sistemas mecanizados para transporte de materiales. En su forma más elemental, consisten en una banda que recibe su tracción mediante rodillos especiales los cuales a su vez son conducidos por motorreductores. La banda es fabricada, según su aplicación, con materiales y dimensiones diferentes y sirve directa o indirectamente para transportar los materiales.
- ✓ Los AGV⁷³ : Vehículo guiado automáticamente (automated guided vehicle) es un pequeño camión impulsado por baterías, que acarrea materiales entre las operaciones, siguiendo las instrucciones de una computadora que lleva a bordo o de una computadora central.
- ✓ El AS/RS⁷⁴: El sistema automatizado de almacenaje y recuperación (automated storage and retrieval system) es un método controlado por computadora para almacenar y recuperar materiales y herramientas, utilizando anaqueles, silos y apiladoras.

ACTIVIDADES PREVIAS

1. ¿Cuáles son las dificultades de implementar un WMS?
2. Mencione ejemplos de WMS

⁷² Definición disponible en Internet: http://www.elprado.co.cr/ban_tra.html

⁷³ Lee J. Krajewski, Larry P. Ritsman. Administración de Operaciones: Estrategia y análisis. Quinta edición.

⁷⁴ Op cit. Lee J. Krajewski, Larry P. Ritsman.

3. ¿Cómo se selecciona un sistema WMS?
4. ¿Cuáles son los beneficios de WMS?

Lecturas Recomendadas

Presentación de NetLogistik. Disponible en Internet:
http://www.amece.org.mx/amece/congreso/presentaciones07/NetLogistik_WMS.pdf
Sistemas de Administración de Almacenes (WMS) BorealTechmx

PROCEDIMIENTO

Implementar un WMS requiere del uso de componentes automatizados, durante el desarrollo de este caso, se evidencia el impacto de estos componentes en la operación de cargue y descargue.

CASO 1. Cargue y descargue de camiones. Tomado a partir de BLANCO Rivero, Luis Ernesto y Otros. Simulación con Promodel. Casos de Producción y logística. Segunda Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2003 Pág. 191

“**ServiECI** es una empresa de servicios dedicada a la recolección y entrega de mercancías en las principales ciudades de Colombia. En Bogotá, la empresa tiene una bodega central a donde llegan, por una parte, grandes tractomulas y camiones, llamados genéricamente *vanes*, que normalmente viajan de noche y cubren la geografía nacional; y por otra parte, camiones pequeños, conocidos como *furgones*, que recorren la ciudad durante el día, recogiendo y entregando paquetes en las oficinas de la empresa, situadas en las distintas localidades o zonas en la se encuentra dividida la capital.

A Darío Saavedra, ingeniero industrial encargado de mejorar los procesos de ServiECI, se le encomendó la tarea de analizar cómo se cargan y descargan los vanes y proponer alternativas de mejoramiento del proceso.

Actualmente, tan pronto llega un van a la bodega, se asigna un equipo de siete personas para descargarlo y volverlo a cargar. También se asigna una zona demarcada en el piso, la llamada zona de embarque, para realizar estas operaciones. Tanto para cargue como para descargue dos operarios se suben al camión y van colocando o alcanzando los paquetes mientras que los demás alcanzan o reciben los paquetes que trasladan desde o hasta la zona de embarque, subdividida en bloques demarcados en el piso, según las ciudades de destino. En el proceso actual cada paquete se toma y alcanza individualmente.

¿Qué alternativas plantearía usted en lugar del Ingeniero Saavedra?

Darío había aprendido en sus clases de producción que uno de los secretos del éxito de los japoneses, con su Sistema Justo A Tiempo, había sido la reducción al máximo de los tiempos de alistamiento (Set up times), separando los tiempos de operación, de los tiempos de preparación. El ingeniero Saavedra pensó que al utilizar estibas (pallets), el equipo podría “adelantar trabajo”, agrupando paquetes con el mismo destino y colocándolos en una estiba, antes o después de llegar al van, porque en el proceso actual, si no hay van para cargar o descargar, los operarios se sientan a esperar hasta que llegue un vehículo. Esto equivalía a encontrar y separar un tiempo de preparación del tiempo real de operación.

Sin embargo, el uso de estibas requería, adicionalmente, un montacargas, debido al peso de la estiba cargada. Pero un montacargas puede dejar o tomar la estiba sólo en la puerta del van, de manera que los operarios tendrían que “desembarcar” manualmente la estiba y colocar los paquetes en el fondo del van, en el momento del cargue, teniendo que hacer la operación de manera inversa en el momento del descargue.

Uno de los operarios le sugirió al ingeniero Saavedra el uso de una banda portátil o fija dentro del van para correr las estibas hasta o desde el fondo, porque él había

visto este sistema en los compartimientos de carga de los aviones cuando trabajaba en el aeropuerto.

A medida que pensaba en posibles soluciones, también iban apareciendo nuevas restricciones o problemas: un solo montacargas posiblemente no alcanzaría a cubrir varios van que llegasen simultáneamente; utilizar otra banda portátil para “subir” y “bajar” las estibas, con “traslado” desde la puerta hasta el fondo del van mediante otra banda, reemplazaría un montacargas; también podría encargar una banda portátil que transportara las estibas desde el suelo hasta el fondo del van.

Para Darío, pensar en alternativas de mejoramiento era lo más sencillo. Lo verdaderamente complicado estaba en presentar y convencer al gerente Guerrero de la factibilidad de cualquiera de sus alternativas, porque él, como la gran mayoría de los gerentes, entendía únicamente en lenguaje monetario y de cifras, especialmente el que mostrara una ostensible reducción de costos. En esta situación, al ingeniero Saavedra no le quedaba otro camino que “probar” sus alternativas y cuantificarlas mediante simulación. Afortunadamente, durante su carrera había escogido las materias electivas que tenían relación con esta poderosa herramienta de análisis.

Así las cosas, el ingeniero planteó tres alternativas:

- ✓ En la primera, que llamó sistema Actual, los operarios cargan y descargan, paquete por paquete, tan pronto llega el van. (manual). Modelo 1.
- ✓ En la segunda, que llamó sistema con estibas o pallets, los operarios clasifican y colocan los paquetes en las estibas antes de llegar el van, y luego, con un montacargas, colocan o retiran las estibas de la puerta del van. Modelo 2.
- ✓ En la tercera, que denominó sistema de banda (componente automatizado), utiliza estibas, montacargas y bandas para el cargue y descargue.” Modelo 3.

Simular Paso a paso con Promodel

Abra el programa Promodel y cierre la ventana de la figura 80, porque no se va a hacer uso de ninguna de las aplicaciones que allí se presentan.

Para comenzar, ingrese la información general de la situación a simular haciendo clic en:

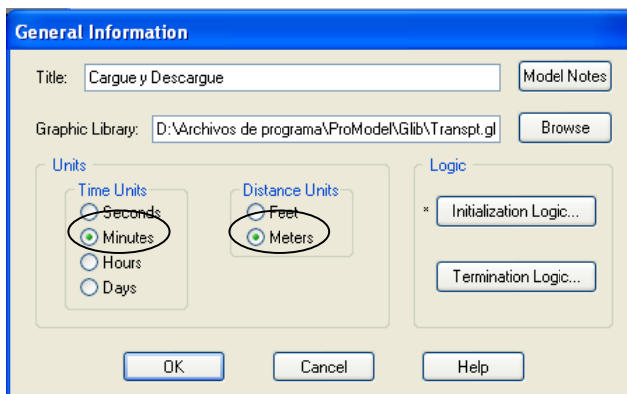
Figura 80. Promodel shortcut Panel



Fuente: Autor a partir de Software Promodel

> Build > General Information (Ctrl+I)

Figura 81. Información General

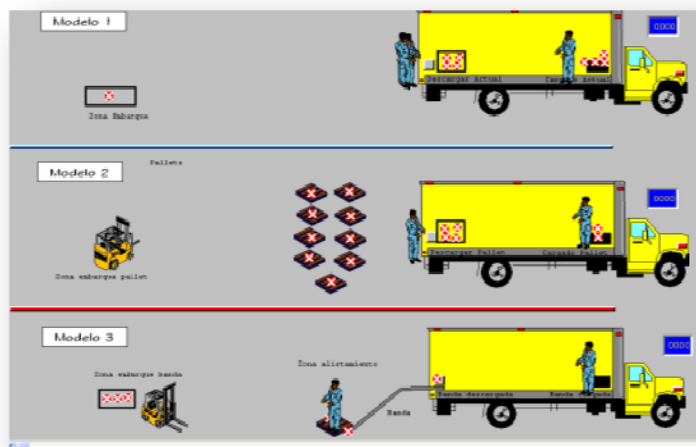


Ingrese el título: *Cargue y Descargue*, seleccione en unidades de tiempo *minutos* y distancia *metros*. Puede definir cualquier librería gráfica, más adelante se puede modificar con el fin de obtener los gráficos del modelo.

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

Se muestra el layout final del modelo, para que el estudiante, lo tome de referencia al realizar el ejercicio.

Figura 82. Layout Cargue y Descargue



Fuente: Autor a partir del Software Promodel

A continuación se definen las locaciones o instalaciones del modelo haciendo clic en:

Figura 83. Instalaciones Cargue y Descargue

Icon	Name	Cap.	Units	Dts...	Stats	Rules...
1	Cargado_Actual	inf	1	None	Time SeriesOldest	
1	Descargar_Actual	inf	1	None	None	Oldest
1	Zona_Embarque	inf	1	None	Time SeriesOldest	
1	Cargado_Pallet	inf	1	None	Time SeriesOldest	
1	Descargar_Pallet	inf	1	None	Time SeriesOldest	
2	Pallet_1	inf	1	None	Time SeriesOldest	
2	Pallet_2	inf	1	None	Time SeriesOldest	
2	Pallet_3	inf	1	None	Time SeriesOldest	
2	Pallet_4	inf	1	None	Time SeriesOldest	
2	Pallet_5	inf	1	None	Time SeriesOldest	
2	Pallet_6	inf	1	None	Time SeriesOldest	
2	Pallet_7	inf	1	None	Time SeriesOldest	
2	Pallet_8	inf	1	None	Time SeriesOldest	
2	Pallet_9	inf	1	None	Time SeriesOldest	
2	Zona_embarque_pallet	inf	1	None	Time SeriesOldest	
3	Banda_cargada	inf	1	None	Time SeriesOldest	
3	Banda_descargada	inf	1	None	Time SeriesOldest	
3	Banda	INFINITI	1	None	Time SeriesOldest, FIFO	
3	Zona_alistamiento	inf	1	None	Time SeriesOldest	
3	Zona_embarque_banda	inf	1	None	Time SeriesOldest	

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

> **Build > Locations (Ctrl+L).** En este

menú se crean las locaciones del modelo, todas con capacidades infinitas. Para la situación actual o modelo 1 se definen 3 locaciones (Cargado_Actual, Descargar_Actual y Zona_Embarque), para el 2 son 12 (las tres zonas de cargado, descargado y embarque, adicionando 9 zonas donde se ubica la mercancía en los pallets) y para el modelo 3, se definen 5 locaciones (cargue, descargue, banda transportadora la cual es de 10 metros, zona de alistamiento y zona de embarque).

Figura 84. Entidades Cargue y Descargue

> **Build > Entities (Ctrl+E)**

La entidad es todo lo que se procesa o se mueve “a través del” modelo. Para los tres modelos se crean 5 entidades las cuales se muestran en la figura 85.

Icon	Name	Speed (mpm)	Stats	Notes...
4	Paquetes	50	Time Series	
2	Caja	50	Time Series	
2	Pallet_lleno	50	Time Series	
3	Caja2	50	Time Series	
3	Pallet_lleno2	50	Time Series	

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

> **Build > Path Network (Ctrl+N)**

Se definen 3 redes de trabajo, una para cada situación.

Figura 85. Path Network Carga y Descarga

Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	Net_Actual	Passing	Speed & Di 2	3	0	3	
	Net_Pallet	Passing	Speed & Di 22	12	43	12	
	Net_Banda	Passing	Speed & Di 2	4	0	4	

Los Paths e Interfaces se definen para cada una de las redes creadas; teniendo la red seleccionada se hace

clic en paths y en el layout se dibuja la ruta. Luego en las interfaces se le asigna a cada nodo la locación.

➤ Paths e interfaces Net_Actual

Figura 86. Path e interfaces net_actual, modelo 1

Paths				en cuenta las las definidas os paths en cada modelo
From	To	BI	Distance	
N1	N2	Bi	10	
N1	N3	Bi	5	

Interfaces	
Node	Location
N1	Descargar_Actual
N3	Cargado_Actual
N2	Zona_Embarque

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

➤ Paths e interfaces Net_Pallet

Figura 87. Path e interfaces Net_pallet, modelo 2.

Paths			
From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	5
N2	N3	Bi	2
N3	N4	Bi	1
N2	N5	Bi	2
N5	N6	Bi	1
N6	N4	Bi	1
N2	N7	Bi	2
N7	N8	Bi	1
N8	N6	Bi	1
N2	N9	Bi	2
N9	N10	Bi	1
N8	N10	Bi	1
N9	N7	Bi	1
N7	N5	Bi	1
N5	N3	Bi	1
N10	N11	Bi	1
N4	N12	Bi	8
N6	N12	Bi	8
N8	N12	Bi	8
N10	N12	Bi	8
N11	N12	Bi	8
N9	N11	Bi	1

Interfaces	
Node	Location
N1	Cargado_Pallet
N2	Descargar_Pallet
N3	Pallet_2
N4	Pallet_1
N5	Pallet_4
N6	Pallet_3
N7	Pallet_6
N8	Pallet_5
N9	Pallet_8
N10	Pallet_7
N11	Pallet_9
N12	Zona_embarque_pallet

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

➤ Paths e interfaces Net_Banda

Figura 88. Path e Interfaces Net_actual modelo 3.

Paths			
From	To	BI	Distance
N1	N2	Bi	5
N3	N4	Bi	5

Interfaces	
Node	Location
N1	Banda_cargada
N2	Banda_descargada
N3	Zona_alistamiento
N4	Zona_embarque_banda

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

>Build > Resources (Ctrl+R)

Los recursos son los que mueven las entidades a través de la red asignada.

Figura 89. Resources Cargue y Descargue

Name	Units	DTs...	Stats	Specs...	Search...	Logic...	ts...	Notes...
Actual_dentro	2	None	By Unit	Net_Actv	None	0	1	
Actual_fuera	5	None	By Unit	Net_Actv	None	0	4	
Pallet_dentro	4	None	By Unit	Net_Pall	None	0	1	
Pallet_fuera	3	None	By Unit	Net_Pall	None	0	1	
Montacargal	1	None	By Unit	Net_Pall	None	0	1	
Banda_dentro	4	None	By Unit	Net_Band	None	0	1	
Banda_fuera	2	None	By Unit	Net_Band	None	0	1	
Montacarga_2	1	None	By Unit	Net_Band	None	0	1	

Los operarios en cada uno de los modelos, se mueven con una distribución normal de 40 metros por minuto (mpm) y desviación estándar de 5

mpm; el tiempo que demora en recoger o depositar la mercancía obedece a su vez a una distribución normal de 3 segundos, con desviación de 1 segundo. Esto se define en las Specifications. Los montacargas se movilizan vacíos o cargados a una velocidad de 50 mpm.

Figura 90. Variables Cargue y Descargue

ID	Type	Initial value	Stats
No num	Integer	0	Time
No t1	Integer	0	Time
No t2	Integer	0	Time
No t3	Integer	0	Time
No unidades	Integer	0	Time

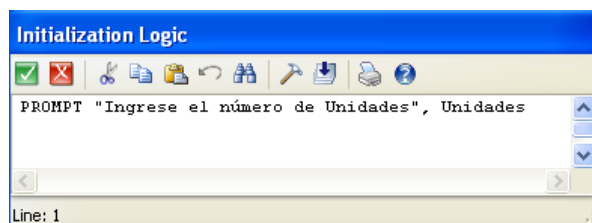
Fuente: Autor a partir de Software Promodel

> Build > Variables (Ctrl+B)

Las variables son definidas por el usuario y permiten representar valores numéricos que cambian. Pueden ser enteras o reales. Para el ejercicio se crean las variables que se muestran en la figura 90.

Una vez creada la variable *unidades*, del menú **BUILD** seleccionar *General Information*. Hacer clic en Initialization Logic, ingresar la instrucción que se muestra en la Figura 91. Lógica de Inicio, la cual, permite cambiar el número de unidades al iniciar la simulación.

Figura 91. Lógica de Inicio

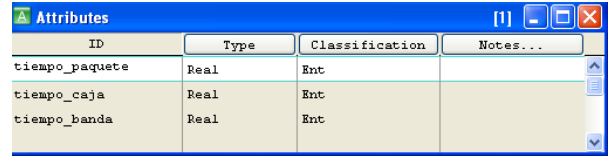


Fuente: Autor a partir de Software Promodel

> Build > Attributes (Ctrl+T)

Figura 92. Atributos Cargue y Descargue

Los atributos son similares a las variables, es una condición inicial que están adjudicados a las locaciones o entidades y contienen información de estas. Puede contener números enteros o reales.



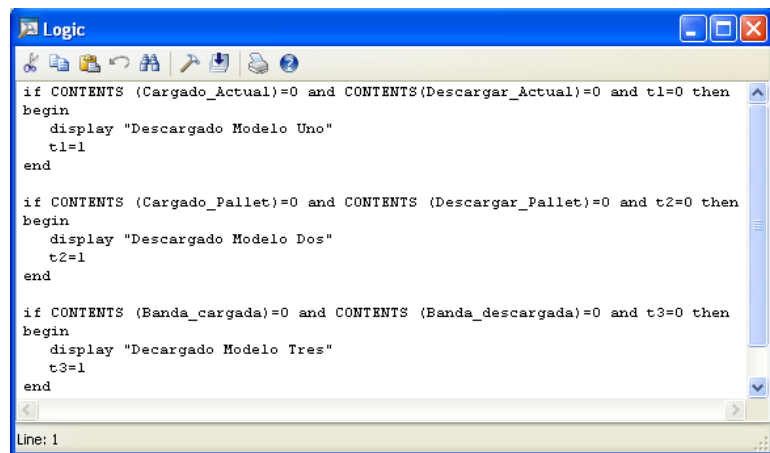
ID	Type	Classification	Notes...
tiempo_paquete	Real	Ent	
tiempo_caja	Real	Ent	
tiempo_banda	Real	Ent	

> Build > Subroutines (Ctrl+S)

La subrutina es un comando definido por el usuario que puede ser llamado para realizar un bloque de algún proceso lógico y opcionalmente dar un valor

Figura 93. Subrutina Cargue y Descargue

La subrutina mm tiene como fin desplegar un letrero, durante la simulación, que indica que se ha cumplido el descargue y en cual modelo.



```

if CONTENTS (Cargado_Actual)=0 and CONTENTS (Descargar_Actual)=0 and t1=0 then
begin
  display "Descargado Modelo Uno"
  t1=1
end

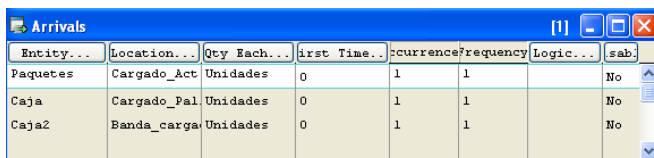
if CONTENTS (Cargado_Pallet)=0 and CONTENTS (Descargar_Pallet)=0 and t2=0 then
begin
  display "Descargado Modelo Dos"
  t2=1
end

if CONTENTS (Banda_cargada)=0 and CONTENTS (Banda_descargada)=0 and t3=0 then
begin
  display "Descargado Modelo Tres"
  t3=1
end
  
```

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

> Build > Arrivals (Ctrl+A)

Figura 94. Llegadas Carque v Descarque



Entity...	Location...	Qty Each...	first Time...	recurrence	frequency	Logic...	Sub
Paquetes	Cargado_Act	Unidades	0	1	1		No
Caja	Cargado_Pal	Unidades	0	1	1		No
Caja2	Banda_carga	Unidades	0	1	1		No

Son las unidades que entran al sistema

Fuente: Autor a partir de Software Promodel

> **Build > Processing (Ctrl+P)**

En el modelo 1, llegan los paquetes a Cargado_Actual, se guarda la hora del reloj de simulación en la variable Tiempo_paquete haciéndola = Clock (); se aplica la lógica de la subrutina, esta instrucción es similar cuando llegan las entidades de los otros modelos. (Instrucciones 4 y 25). En el movimiento lógico se pide mover la entidad con Actual_dentro y que luego quede libre. En la instrucción 3, las entidades salen del sistema y se hace uso de la expresión LOG que resta el tiempo guardado en el atributo o expresión del tiempo de simulación y guarda el resultado.

Instrucción	Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
1	Paquetes	Cargado_Actual	Tiempo_paquete= Clock ()	Paquetes	Descargar_Actual	First 1	Move with Actual_dentro Then free
2	Paquetes	Descargar_Actual	mm()	Paquetes	Zona_embarque	First 1	Move with Actual_fuera then free
3	Paquetes	Zona_embarque	mm()	Paquetes	EXIT	First 1	LOG "Tiempo descargue ", tiempo_paquete
4	Caja	Cargado_pallet	Tiempo_caja= clock ()	Caja	Descargar_Pallet	First 1	Move with pallet_dentro Then free

Con este grupo se inicia el proceso del modelo 2, en la quinta instrucción se hace uso de la regla TURN, que indica que el recurso debe hacer el movimiento indicado por turno. Las cajas forman grupos de 10, en las instrucciones del 6 al 14 usando el comando GROUP, al estar las cajas agrupadas se forma la entidad Pallet_Cargado y las cajas salen del sistema antes de ser transportadas al embarque.

Instrucción	Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
5	Caja	Descargar_pallet	mm()	Caja	Pallet_1	Turn 1	Move with pallet_fuera then free
				Caja	Pallet_2	Turn	Move with pallet_fuera then free
				Caja	Pallet_3	Turn	Move with pallet_fuera then free
				Caja	Pallet_4	Turn	Move with pallet_fuera then free
				Caja	Pallet_5	Turn	Move with pallet_fuera then free
				Caja	Pallet_6	Turn	Move with pallet_fuera then free
				Caja	Pallet_7	Turn	Move with pallet_fuera then free
				Caja	Pallet_8	Turn	Move with pallet_fuera then free
				Caja	Pallet_9	Turn	Move with pallet_fuera then free
6	Caja	Pallet_1	Group 10 as Pallet_lleno	Caja	EXIT	First 1	
7	Caja	Pallet_2	Group 10 as Pallet_lleno	Caja	EXIT	First 1	
8	Caja	Pallet_3	Group 10 as Pallet_lleno	Caja	EXIT	First 1	
9	Caja	Pallet_4	Group 10 as Pallet_lleno	Caja	EXIT	First 1	
10	Caja	Pallet_5	Group 10 as Pallet_lleno	Caja	EXIT	First 1	
11	Caja	Pallet_6	Group 10 as Pallet_lleno	Caja	EXIT	First 1	
12	Caja	Pallet_7	Group 10 as Pallet_lleno	Caja	EXIT	First 1	
13	Caja	Pallet_8	Group 10 as Pallet_lleno	Caja	EXIT	First 1	
14	Caja	Pallet_9	Group 10 as Pallet_lleno	Caja	EXIT	First 1	

En las instrucciones de la 15 a la 23 se transporta el pallet_lleno a la zona de embarque, moviéndolo con el montacargas, finalmente de la zona de embarque se encuentra el comando USE, que utiliza el recurso por 0,5 minutos para operar el montacargas. La entidad sale del sistema y se hace uso nuevamente del comando LOG.

Instrucción	Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
15	Pallet_lleno	Pallet_1	mm() wait 5 sec	Pallet_lleno	Zona_embarque_pallet	First 1	Move with montacarga1 then free
16	Pallet_lleno	Pallet_2	mm() wait 5 sec	Pallet_lleno	Zona_embarque_pallet	First 1	Move with montacarga1 then free
17	Pallet_lleno	Pallet_3	mm() wait 5 sec	Pallet_lleno	Zona_embarque_pallet	First 1	Move with montacarga1 then free
18	Pallet_lleno	Pallet_4	mm() wait 5 sec	Pallet_lleno	Zona_embarque_pallet	First 1	Move with montacarga1 then free
19	Pallet_lleno	Pallet_5	mm() wait 5 sec	Pallet_lleno	Zona_embarque_pallet	First 1	Move with montacarga1 then free
20	Pallet_lleno	Pallet_6	mm() wait 5 sec	Pallet_lleno	Zona_embarque_pallet	First 1	Move with montacarga1 then free
21	Pallet_lleno	Pallet_7	mm() wait 5 sec	Pallet_lleno	Zona_embarque_pallet	First 1	Move with montacarga1 then free
22	Pallet_lleno	Pallet_8	mm() wait 5 sec	Pallet_lleno	Zona_embarque_pallet	First 1	Move with montacarga1 then free
23	Pallet_lleno	Pallet_9	mm() wait 5 sec	Pallet_lleno	Zona_embarque_pallet	First 1	Move with montacarga1 then free
24	Pallet_lleno	Zona_embarque_pallet	mm() Use pallet_fuera for 0,5	Pallet_lleno	EXIT	First 1	LOG "Tiempo de descargue con pallet", tiempo_caja

En el modelo tres forman grupos de 30 con desviación de 5. Las entidades viejas salen del sistema. A su vez se hace uso de la función LOG con el fin de registrar el tiempo de llegada de la mercancía.

Instrucción	Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
25	Caja2	Banda_cargada	tiempo_banda=CLOCK(MIN	Caja2	Banda_descargada	First 1	Move with Banda_dentro Then free
26	Caja2	Banda_descargada	mm()	Caja2	Banda	First 1	
27	Caja2	Banda	mm()	Caja2	Zona_alistamiento	First 1	
28	Caja2	Zona_alistamiento	GROUP n(30,5) as Pallet_lleno2	Caja2	EXIT	First 1	
29	Pallet_lleno2	Zona_alistamiento	Inc num mm() wait 5 sec	Pallet_lleno2	Zona_embarque_banda	First 1	Move with Motacarga2 then free
30	Pallet_lleno2	Zona_embarque_banda	mm() use banda_fuera for 0,5 min	Pallet_lleno2	EXIT	First 1	LOG "Tiempo de descargue 3", tiempo_banda

>Simulation > Save & Run

Con esa indicación se salva y se corre el modelo, Correr la simulación para 500 unidades, analizar los resultados y con respecto al análisis proponer modificaciones a los modelos.

Analizar los resultados de cada uno de los modelos planteados.

BIBLIOGRAFÍA

Giral, Francisco. WMS. Congreso y exposición Amece 2007. Optimizando cada movimiento dentro tu almacén. NetLogistik. Recuperado el 11 de septiembre de 2008. Disponible en Internet: http://www.amece.org.mx/amece/congreso/presentaciones07/NetLogistik_WMS.pdf

Sistemas de administración de almacenes (WMS). Recuperado el 10 de septiembre de 2008. Disponible en Internet: <http://borealtechmexico.wordpress.com/2008/05/03/sistemas-de-administracion-de-almacenes-wms/>

Diccionarios, glosarios, vocabularios y catálogos de términos relacionados con la teoría económica. Recuperado el 10 de Septiembre de 2008. Disponible en Internet: <http://www.eumed.net/cursecon/dic/logist.htm>

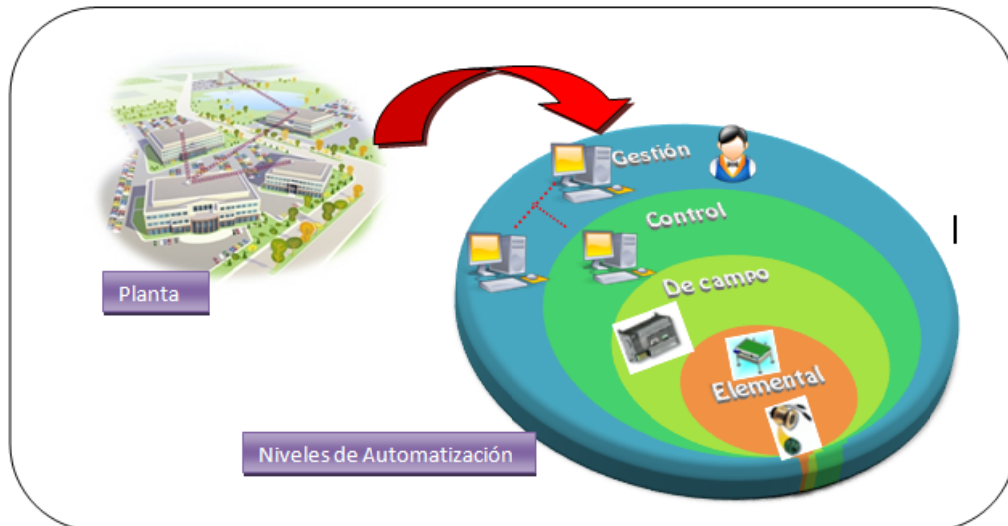
BLANCO Rivero, Luis Ernesto y Otros. Simulación con ProModel Casos de Producción y logística. Segunda Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2003 Pág. 191.

6.4 GUÍAS PROPUESTAS Vs. NIVEL AUTOMATIZACIÓN

Con el fin de conectar al lector con el nivel de automatización desarrollado en cada una de las guías, se tiene en cuenta los cuatro niveles que se definen a continuación.

- ✓ Nivel 1. Elemental o E/S: En este nivel la automatización es asignado a una máquina o proceso sencillo, se utilizan para realizar tareas de vigilancia, posicionamiento de piezas y funciones de seguridad. En este nivel se hace uso de actuadores, sensores, máquinas NC, DNC o CNC, sistemas de transporte AGVs y otros elementos de hardware. Estos elementos entran en contacto directo con el sistema productivo.
- ✓ Nivel 2. Intermedio o de campo: es el uso de un conjunto de máquinas elementales o una compleja; también conocidas como islas de automatización, se hace uso de PLC's (Programmable Logic Controller), PC's, bloques de e/s, controladores y transmisores.
- ✓ Nivel 3. Nivel de control: ya comprende un proceso completo, además del control elemental se ejercen actividades de mantenimiento, control de calidad, supervisión y optimización
- ✓ Nivel 4. Nivel de Gestión: se presenta la integración, aplicaciones de red, la supervisión del producto y las estaciones de trabajo. El nivel de gestión da lugar a la manufactura asistida por computador (CIM - Computer Integrated Manufacturing).

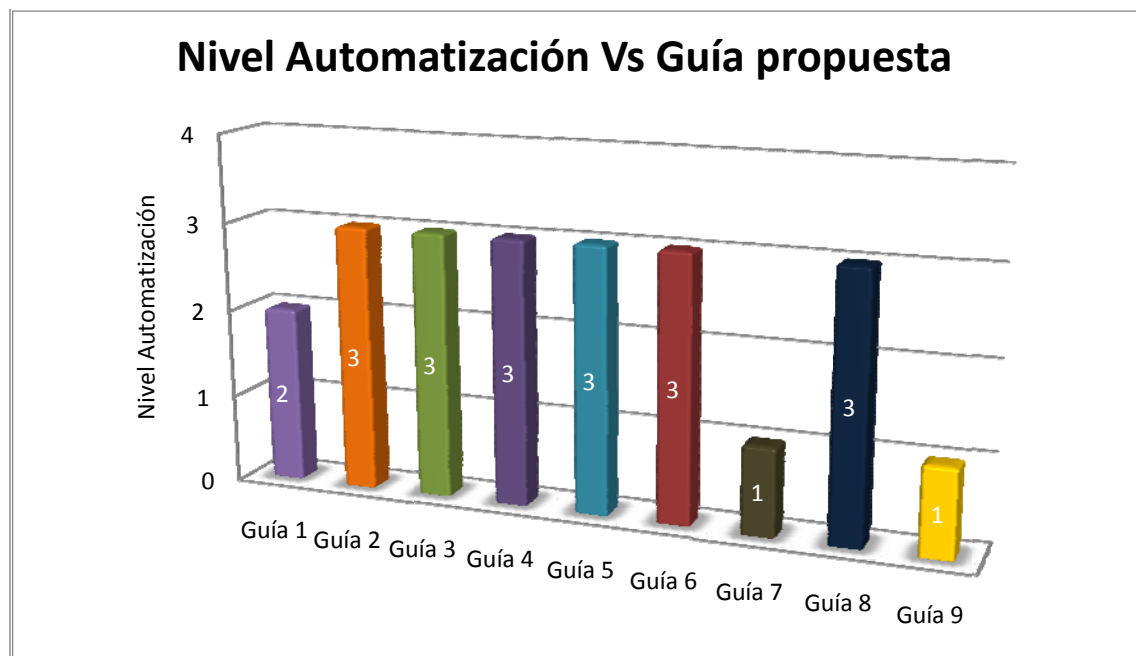
Figura 95. Niveles de Automatización en la planta



Fuente: Autor

Ubicando las guías propuestas dentro de uno de los niveles de automatización tenemos el siguiente resultado.

Gráfica 4. Nivel Automatización Vs Guía Propuesta



Fuente: Autor


Como lo muestra la gráfica, más del 50% de las guías se encuentran ubicadas en el nivel de control, puesto que se está haciendo uso de tecnologías blandas que ayudan a integrar sistemas de producción haciendo uso de herramientas que se encuentran en niveles inferiores. El nivel 2 o de campo, se maneja de una forma muy teórica definiendo automatización y los PLC's. En el nivel 1 clasifican las guías 7 y 9 puesto que hace uso de hardware automatizado que ayudan a mejorar la productividad haciendo buen uso de estos. Todo esto con el fin de apoyar la toma de decisiones de una empresa en tiempo real.

7. AUTO-EVALUACIÓN DE LAS GUÍAS POR COMPETENCIAS

Competencia definida como la “Capacidad de poner en práctica de forma integrada, en contextos diferentes, los conocimientos, habilidades y características de la personalidad adquiridas. Incluye saberes teóricos, habilidades prácticas aplicativas, actitudes (compromisos personales)”⁷⁵. A la luz de esta definición, se pretende auto evaluar las guías diseñadas en dos grandes aspectos; desarrollo de competencias en el manejo de software y en la resolución de problemas.

A continuación se definen las competencias propuestas con el fin de tener un concepto unificado de cada una de ellas y se establecen las categorías en las cuales se subdividen. Estas categorías son escalonadas, es decir no se puede cumplir el numeral II sin antes haber cumplido el numeral I. De igual manera se establece en que aspecto la competencia propuesta presenta posibilidad de mejora para el Ingeniero Industrial en su campo profesional.

7.1 COMPETENCIAS MANEJO DE SOFTWARE

 Capacidad comprensión escrita: Es la capacidad de seguir indicaciones generadas e interpretarlas adecuadamente.

- I. Desarrolla ejemplos.
- II. Desarrolla actividades propuestas.

La competencia capacidad de comprensión escrita, presenta posibilidad de mejora para el Ingeniero Industrial en la habilidad para interpretar procesos, situaciones en su campo de acción.

⁷⁵ Glosario de tecnología educativa. (Recuperado en 23 de noviembre de 2008). Disponible en Internet: <http://dewey.uab.es/pmarques/glosario.htm>

✚ Iniciativa: Es la capacidad que tiene para explorar la herramienta, descubrir y aplicar nuevas funciones utilizando el buscador, la ayuda y ensayo de prueba y error.

- I. Utiliza el menú de ayuda.
- II. Propone otras alternativas.

La competencia iniciativa, presenta posibilidad de mejora para el Ingeniero Industrial en el desarrollo de la creatividad y búsqueda de alternativas para solucionar situaciones.

✚ Capacidad de entendimiento y aplicación: Es la habilidad de entender los procesos del software y generar rutinas en su ejecución.

- I. No genera Rutina
- II. Genera Rutina

La competencia capacidad de entendimiento y aplicación, presenta posibilidad de mejora para el Ingeniero Industrial en la habilidad de interpretación y autodesarrollo.

✚ Capacidad de análisis: Capacidad de identificar las necesidades y extraer los datos de un contexto con el fin de obtener conclusiones.

- I. Identifica los datos.
- II. Obtiene los datos.

La competencia capacidad de análisis, presenta posibilidad de mejora para el Ingeniero Industrial en la competencia argumentativa.

✚ Capacidad de configurar y parametrizar: El estudiante adquiere habilidad en el manejo del software que es capaz de configurar y parametrizar de acuerdo a sus requerimientos y necesidades

- I. No.
- II. Si.

La competencia capacidad de configurar y parametrizar, presenta posibilidad de mejora para el Ingeniero Industrial en la habilidad básica de relación de software.

7.2 COMPETENCIAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS:

✚ Identificación del Problema: Capacidad de extraer de una situación los elementos importantes

- I. Identifica consecuencias.
- II. Identifica causas

La competencia identificación del problema, presenta posibilidad de mejora para el Ingeniero Industrial en la habilidad para interpretar procesos, situaciones en su campo de acción.

✚ Desarrollo de Soluciones alternativas: Habilidad para la evaluación de datos y proporcionar diferentes líneas de acción.

- I. Propone una solución
- II. Propone más de una solución

La competencia desarrollo de soluciones alternativas, presenta posibilidad de mejora para el Ingeniero Industrial en la habilidad de proposición de soluciones.

✚ Toma de decisiones: Capacidad de seleccionar una de las soluciones propuestas, estableciendo variables y desarrollando un modelo preliminar de la solución.

- I. No desarrolla modelo
- II. Desarrolla un modelo

La competencia capacidad de toma de decisiones, presenta posibilidad de mejora para el Ingeniero Industrial en la habilidad para el pensamiento para la acción crítica.

✚ Capacidad de Ejecución: Destreza de poner en marcha y desarrollar el modelo con base a la decisión tomada

- I. Corre el modelo
- II. Analiza Resultados

La competencia capacidad de ejecución, presenta posibilidad de mejora para el Ingeniero Industrial en la habilidad para auto-desarrollar y ejecutar soluciones.

✚ Capacidad de Control y Verificación: Habilidad para evaluar y determinar si los resultados obtenidos cumple con los objetivos y parámetros establecidos con el fin de proponer cambios que mejore el proceso.

- I. Verifica que se cumpla con los objetivos y parámetros propuestos.
- II. Propone cambios con base a los resultados.

La competencia capacidad de control y verificación, presenta posibilidad de mejora para el Ingeniero Industrial en la habilidad pensamiento crítico.

Se establece un formato de análisis radial el cual permite que el estudiante se auto evalúe al finalizar el desarrollo de las tareas dirigidas propuestas, este análisis aplican de la guía tres a la nueve pues estas tienen manejo de software y resolución de problemas que son las competencias definidas a auto-evaluar. (Ver Anexo D)

8. IMPLEMENTACIÓN DE LA PRUEBA PILOTO

La prueba piloto se realiza en tres etapas; una primera etapa que se denomina pre-prueba, se aplica a cuatro estudiantes de X semestre de Ingeniería Industrial, el acompañamiento a los estudiantes durante el desarrollo de la prueba fue del 100%, brindando tutoría o explicación adicional en caso fuese requerida. En esta etapa se realizan ajustes básicos a las guías de redacción, ortografía, estructura y terminología.

Etapa 2: Con la colaboración de estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana de diferentes semestres, se realizó la prueba piloto de las guías. En la siguiente tabla se resumen a cuantos estudiantes y el semestre al que se aplico la prueba.

Tabla 9. Etapa 2: Prueba Piloto

Guía	Semestre	Cantidad Estudiantes
1	1	20
2	5	20
3	5	12
4	7	20
5	5	15
7	8	12

Fuente: Autor

Como herramientas para el desarrollo de la prueba se le proporciona un computador con el software instalado y la guía con la actividad a desarrollar en medio magnético. Se le permite hacer preguntas durante el desarrollo y si es necesario se le brinda apoyo o explicación adicional.

Una vez finalizada la práctica el estudiante tiene contacto con el Formato de auto-evaluación (Ver Anexo D.) y diligencia el formato de Evaluación de la Prueba Piloto (Ver Anexo E).

Con base a esto se realizan los ajustes necesarios y se modifican las guías de Promodel y Solid Edge con las cuales se realiza la tercera etapa de la prueba piloto. Proporcionando a los estudiantes el computador con el software instalado, la guía a realizar en medio físico y el Formato de Evaluación de la guía.

Tabla 10. Etapa 3. Prueba Piloto

Guía	Semestre	Cantidad Estudiantes
6	5	20
7	8	12
8	9	12
9	9	12

Fuente: Autor

8.1 RESULTADOS ALCANZADOS PRUEBA PILOTO

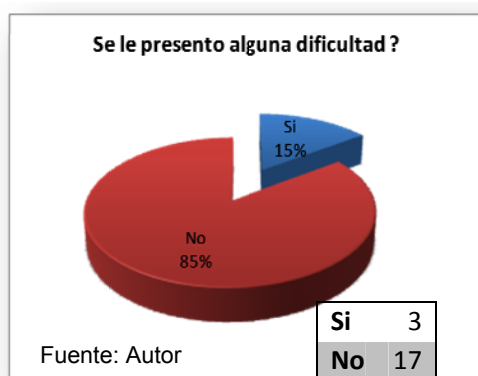
Resultados Etapa 1: Se vio la necesidad de hacer ajustes en algunas de las guías explicando terminología con un nivel mayor de detalle, se pudo establecer un tiempo con mayor precisión para el desarrollo de la práctica, se evidenció la necesidad de adquirir conocimiento en automatización como Ingeniero Industrial por ser elemento importante en los procesos de una organización y de contar con personal capacitado en manejo de software.

Resultados Etapa 2: Ingresando los datos de las evaluaciones de la prueba piloto al software SPSS se obtienen los siguientes resultados.

☒ **Guía 1. Introducción a la Automatización**

Para el grupo de 20 estudiantes de primer semestre de Ingeniería Industrial, éstos fueron los resultados obtenidos de la prueba.

Gráfica 5. Dificultad Guía 1.



El 15% de los estudiantes, presentó dificultad porque encontró la guía muy extensa y con en algunos casos el uso de lenguaje técnico.

El 100% de los estudiantes expresó su interés por conocer acerca de la automatización y reconocen la importancia de la temática tratada.

En la siguiente tabla y gráfico se resumen los resultados obtenidos de los atributos evaluados en la Guía 1.

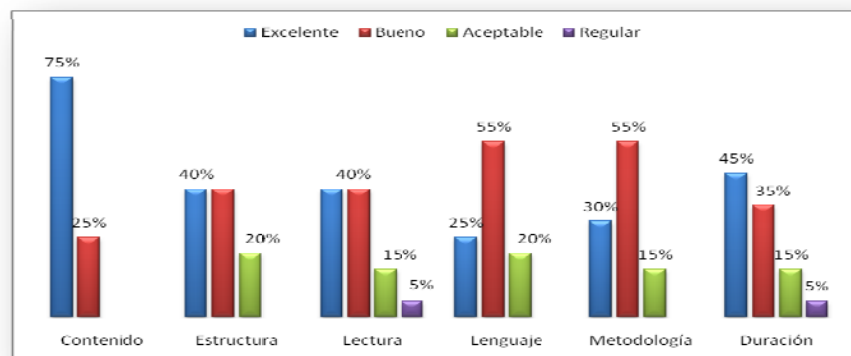
Tabla 11. Atributos Guía 1.

	Contenido	Estructura	Lectura	Lenguaje	Metodología	Duración
Excelente	15	8	8	5	6	9
Bueno	5	8	8	11	11	7
Aceptable	-	4	3	4	3	3
Regular	-	-	1	-	-	1

Fuente: Autor

En general para los estudiantes la guía es buena, se presenta inconformismo en cuanto a la duración de la prueba y el lenguaje técnico utilizado para estudiantes de primer semestre.

Gráfica 6. Atributos a Evaluar Guía 1.



Fuente: Autor

☑ **Guía 2. Introducción a CAD/CAM/CAE**

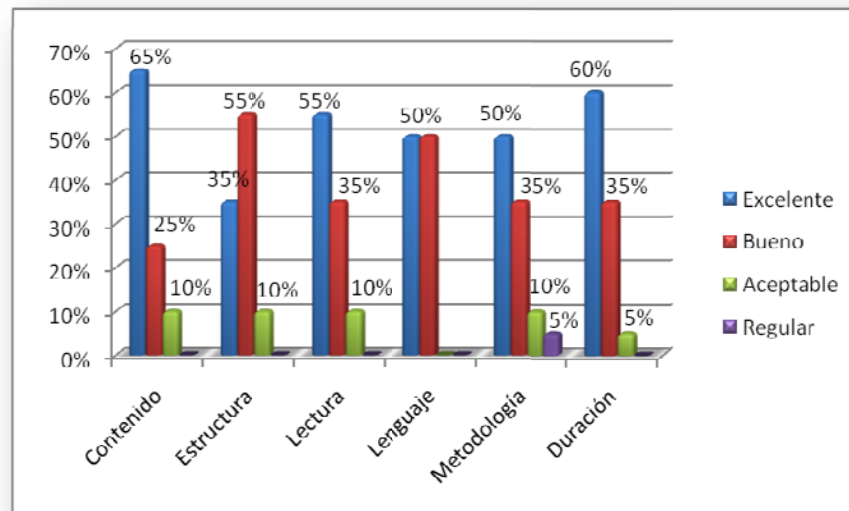
Para el grupo de 20 estudiantes de quinto semestre de Ingeniería Industrial, éstos fueron los resultados obtenidos.

Tabla 12. Atributos Guía 2.

	Contenido	Estructura	Lectura	Lenguaje	Metodología	Duración
Excelente	13	7	11	10	10	12
Bueno	5	11	7	10	7	7
Aceptable	2	2	2	-	2	1
Regular	-	-	-	-	1	-

Fuente: Autor

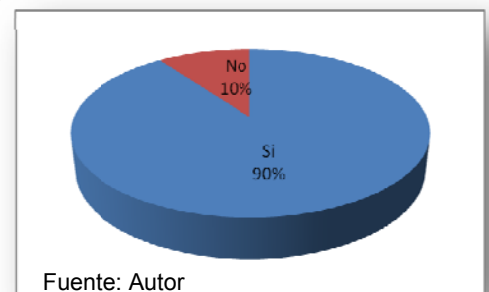
Gráfica 7. Atributos Guía 2.



Fuente: Autor

Gráfica 8. Importancia de los sistemas automatizados

El análisis de la evaluación para la guía dos muestra que el 90% de los estudiantes valora la guía en sus diferentes aspectos entre excelente y buena, al igual que como se observa en la gráfica 8 el 90% destaca la importancia de conocer y utilizar los sistemas automatizados CAD/CAE/CAM

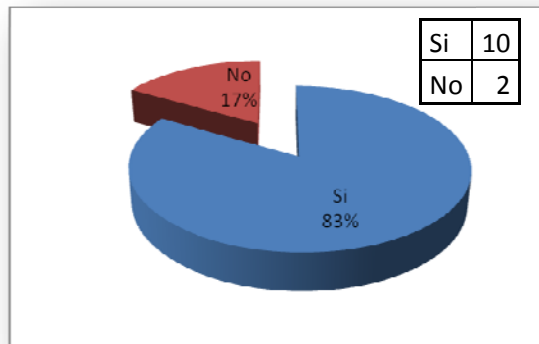


Fuente: Autor

☑ Guía 3. Introducción Solid Edge

Para el grupo de 12 estudiantes de quinto semestre de Ingeniería Industrial, éstos fueron los resultados obtenidos.

Gráfica 9. Dificultad al realizar la Guía 3.



Fuente: Autor

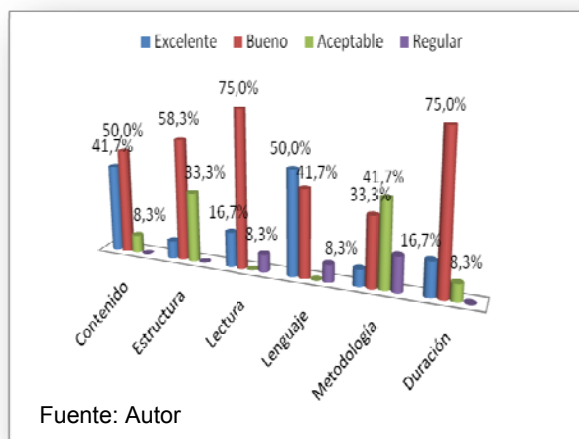
En el momento de aplicar la prueba, la Universidad había actualizado la versión del software Solid Edge, por tal motivo se presentó dificultad al realizar el ejercicio, sin embargo casi el 60% logró cumplir con los objetivos.

Tabla 13. Atributos Guía 3.

	Contenido	Estructura	Lectura	Lenguaje	Metodología	Duración
Excelente	5	1	2	6	1	2
Bueno	6	7	9	5	4	9
Aceptable	1	4	1	-	5	1
Regular	-	-	-	1	2	-

Fuente: Autor

Gráfica 10. Atributos Guía 3.



Fuente: Autor

En relación con los atributos valorados, se analiza que pese a la dificultad encontrada, la guía es entendible y se ve la necesidad de adaptarla a la nueva versión porque más del 90 % reconoce la importancia de conocer y manejar el Software Solid Edge.

☑ **Guía 4. Balanceo de Línea de Ensamble**

Para el grupo de 20 estudiantes de séptimo semestre de Ingeniería Industrial, éstos fueron los resultados obtenidos.

Gráfica 11. Dificultad al realizar Guía 4.

La guía de Balanceo de línea de ensamble fue una clara y de fácil desarrollo, casi el 100% de los estudiantes la valoro entre excelente y buena en sus diferentes aspectos. La dificultad que encontraron el 20% los estudiantes al realizar la guía, fue ingresar las tareas sucesoras con base al diagrama de precedencia. Por esta razón se clarifico aún más este aspecto.

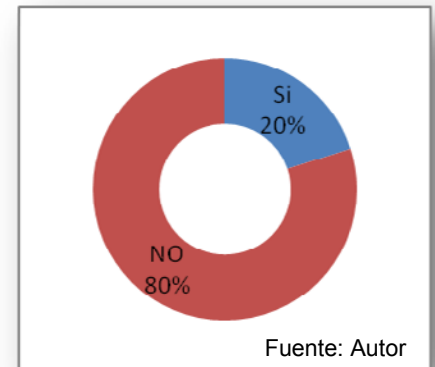
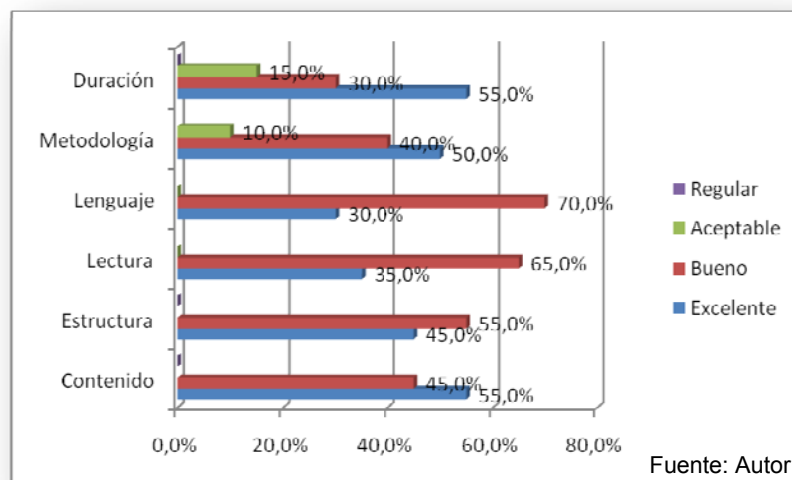


Tabla 14. Atributos Guía 4.

	Contenido	Estructura	Lectura	Lenguaje	Metodología	Duración
Excelente	11	9	7	6	10	11
Bueno	9	11	13	14	8	6
Aceptable	-	-	-	-	2	3
Regular	-	-	-	-	-	-

Fuente: Autor

Gráfica 12. Atributos Guía 4



☒ **Guía 5. Introducción a LabView**

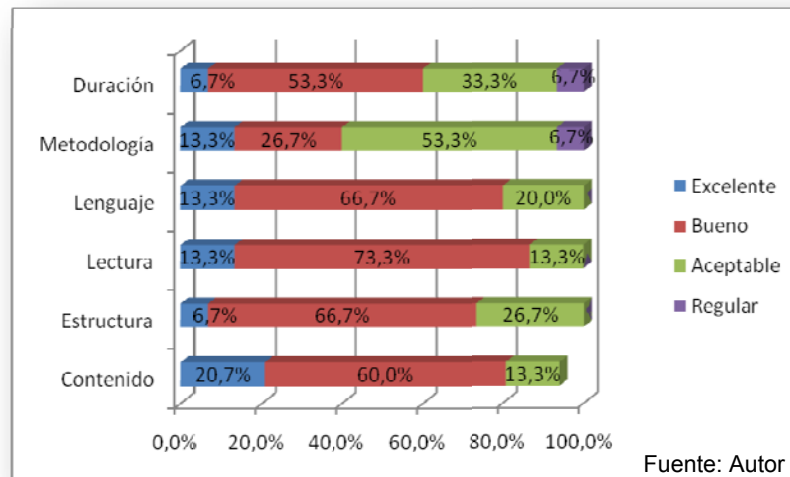
Para el grupo de 15 estudiantes de quinto semestre de Ingeniería Industrial, éstos fueron los resultados obtenidos.

Tabla 15. Atributos Guía 5.

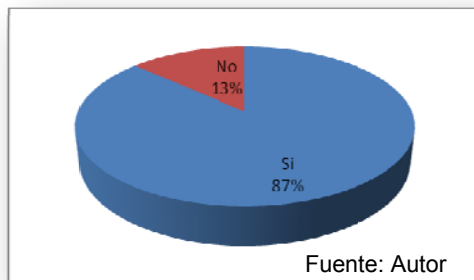
	Contenido	Estructura	Lectura	Lenguaje	Metodología	Duración
Excelente	4	1	2	2	2	1
Bueno	9	10	11	10	4	8
Aceptable	2	4	2	3	8	5
Regular	-	-	-	-	1	1

Fuente: Autor

Gráfica 13. Atributo Guía 5.



Gráfica 14. Importancia sistemas SCADA y labview



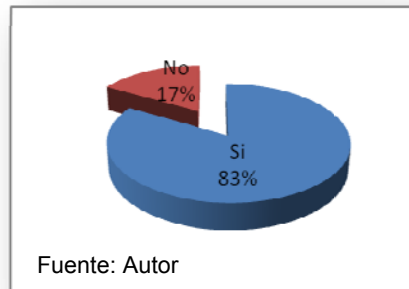
Más del 50% de los estudiantes considera la metodología utilizada para la enseñanza del software es aceptable. En relación con los otros atributos valorados más del 70% están entre Excelente y Bueno.

El 90% de los estudiantes reconoce la importancia de los sistemas SCADA y la importancia de manejar el entorno LabView.

☑ **Guía 7. Caso de Producción con Promodel**

Para el grupo de 12 estudiantes de octavo semestre de Ingeniería Industrial, éstos fueron los resultados obtenidos.

Gráfica 15. Dificultad en realizar Guía 7.



El 83% de los estudiantes presento dificultad en el desarrollo, debido que se requiere presaberes en el manejo del software. A pesar que los estudiantes de octavo no tenían conocimiento de Promodel, se realizó la prueba piloto y se encontró que casi el 40% valoró los

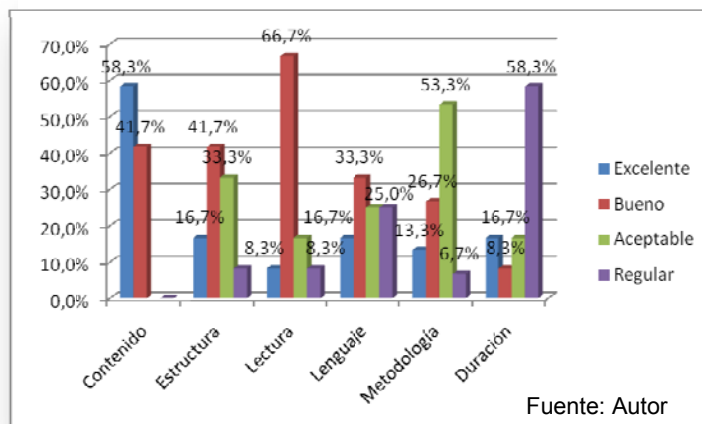
atributos entre excelente y bueno, esto llevo a realizar modificaciones y diseñar una guía introductoria al Software.

Tabla 16. Atributos Guía 7

	Contenido	Estructura	Lectura	Lenguaje	Metodología	Duración
Excelente	7	2	1	2	2	2
Bueno	5	5	8	4	3	1
Aceptable	-	4	2	3	3	2
Regular	-	1	1	3	4	7

Fuente: Autor

Gráfica 16. Atributos Guía 7



Resultados Etapa 3.

☑ Guía 6. Introducción a Promodel

Para el grupo de 20 estudiantes de quinto semestre de Ingeniería Industrial, éstos fueron los resultados obtenidos de la prueba.

Al 25% de los estudiantes se le presentó dificultad al desarrollar la guía porque al caerse la conexión de internet, se cae la licencia y se bloquea el software, sin embargo el 100% cumplió con los objetivos propuestos. Más del 90% valoró la guía en sus diferentes atributos entre excelente y bueno.

Gráfica 17. Dificultad en realizar la Guía 6.

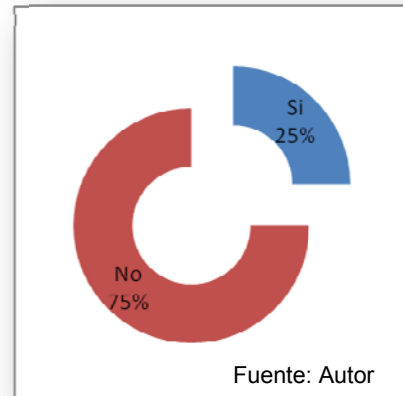
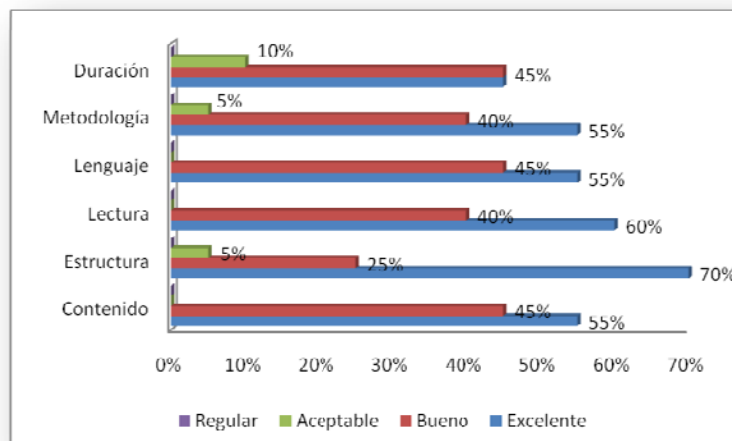


Tabla 17. Atributos Guía 6.

	Contenido	Estructura	Lectura	Lenguaje	Metodología	Duración
Excelente	11	14	12	11	11	9
Bueno	9	5	8	9	8	9
Aceptable	-	1	-	-	1	2
Regular	-	-	-	-	-	-

Fuente: Autor

Gráfica 18. Atributos Guía 6.



☑ **Guía 7. Caso de Producción con Promodel**

Para el grupo de 12 estudiantes de octavo semestre de Ingeniería Industrial, éstos fueron los resultados obtenidos de la prueba.

Más del 80% de los estudiantes cumplió con el objetivo propuesto en la guía, sin embargo el 50% presentó dificultad al hacer uso del software porque se bloqueaba constantemente. La valoración de los diferentes atributos en más del 90% de los estudiantes se encuentra entre excelente y bueno, sin embargo la duración de la prueba el 25% de los estudiantes la valoró como aceptable

Gráfica 19. Cumplió Objetivo de la Guía.

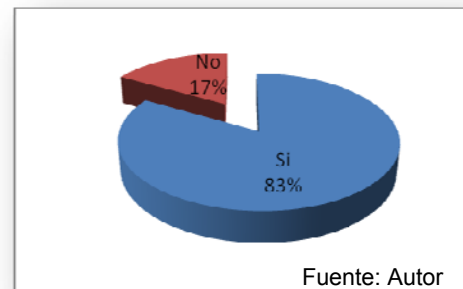
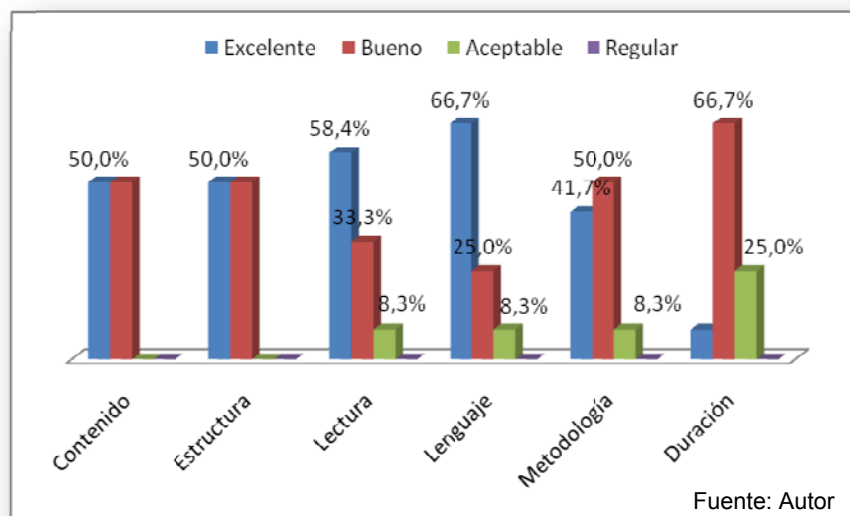


Tabla 18. Atributos Guía 7

	Contenido	Estructura	Lectura	Lenguaje	Metodología	Duración
Excelente	6	6	7	8	5	1
Bueno	6	6	4	3	6	8
Aceptable	-	-	1	1	1	3
Regular	-	-	-	-	-	-

Fuente: Autor

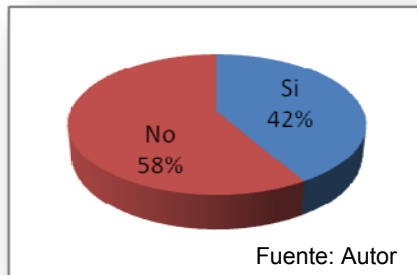
Gráfica 20. Atributos Guía 7



☑ **Guía 8. Caso de Logística con Promodel**

Para el grupo de 12 estudiantes de noveno semestre de Ingeniería Industrial, éstos fueron los resultados obtenidos de la prueba.

Gráfica 21. Dificultad al realizar la Guía 8.

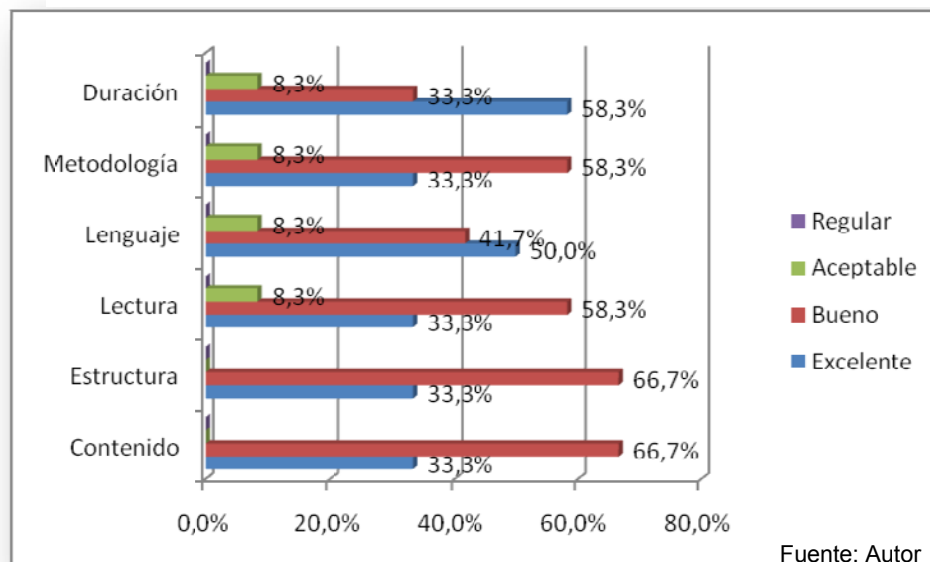


La dificultad encontrada por el 42% de los estudiantes que realizaron la prueba se presentó con Promodel porque al caerse la red se bloqueaba el software, en relación con los atributos, más del 90% de los estudiantes valoraron la guía entre buena y excelente.

Tabla 19. Atributos Guía 8.

	Contenido	Estructura	Lectura	Lenguaje	Metodología	Duración
Excelente	4	4	4	6	4	7
Bueno	8	8	7	5	7	4
Aceptable	-	-	1	1	1	1
Regular	-	-	-	-	-	-

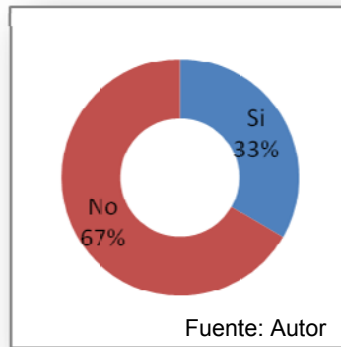
Gráfica 22. Atributos Guía 8.



☑ **Guía 9. Caso 2 Logística con Promodel**

Para el grupo de 12 estudiantes de noveno semestre de Ingeniería Industrial, éstos fueron los resultados obtenidos de la prueba.

Gráfica 23. Dificultad al realizar la Guía 9.



Más del 65% de los estudiantes no presentaron dificultad al realizar la prueba, el 25% de los estudiantes valoró la duración de la prueba como aceptable, sin embargo, más del 90% la valoró entre buena y excelente en los atributos de contenido, estructura, fácil lectura y lenguaje, haciendo observación en la metodología utilizada.

Tabla 20. Atributos Guía 9.

	Contenido	Estructura	Lectura	Lenguaje	Metodología	Duración
Excelente	7	9	7	9	7	5
Bueno	5	3	5	3	4	4
Aceptable	-	-	-	1	1	3
Regular	-	-	-	-	-	-

Fuente: Autor

Gráfica 24. Atributos Guía 9.

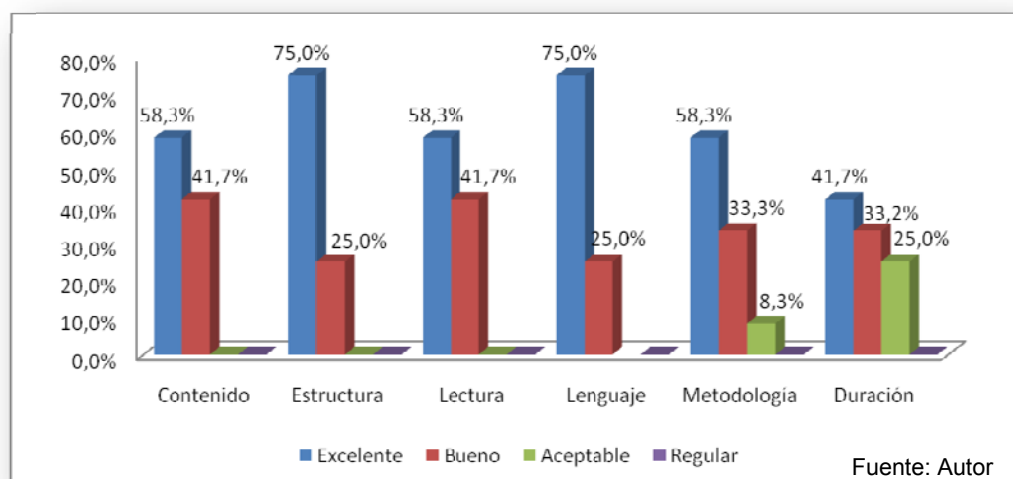


Tabla 21. Tabla de análisis Prueba Piloto

Semestre	GUÍA	Objetivo Propuesto	Resultado	Recomendación	Intervención del tutor
I	1	Dar a conocer la definición y los componentes básicos de la automatización y de los autómatas Programables (PLC).	Se logra cumplir con el objetivo, puesto que el estudiante manifiesta que durante el desarrollo de la guía aclaró conceptos y adquirió conocimientos claves de los sistemas automatizados, los componentes, las ventajas, los niveles de automatización y profundizó sobre los PLC como elemento clave de control de un sistema automatizado.	Explicar términos como E/S, los elementos de la parte operativa de un sistema Automatizado, los componentes de un PLC. Hacer la guía más corta, mostrar videos alusivos a la automatización y hacer visitas técnicas y a laboratorio.	10%
V	2	Proporcionar nociones y conceptos básicos de los sistemas de automatización CAD, CAM, CAE.	La guía es de fácil lectura, explica claramente los conceptos y es un tema muy interesante para conocimiento de todo Ingenier@ Industrial.	Acompañar las guías de videos explicando los sistemas, junto con visitas a empresas que hacen uso de estas tecnologías.	10%
VI	3	Conocer Solid Edge como una herramienta CAD para el desarrollo de modelos 3D.	A pesar del inconveniente presentado con la versión del software los estudiantes tuvieron un primer acercamiento, manifestando interés en el manejo de la herramienta. Se realizaron los ajustes de acuerdo a la versión Solid Edge ST y al momento de realizar la prueba piloto la licencia de la Universidad había caducado.	Profundizar en el manejo del software.	40%
VII	4	Caracterizar las aplicaciones del software WinQSB correspondiente al balanceo de línea de ensamble.	Se presentó dificultad en el desarrollo de la guía, en el momento de ingresar los sucesores en el software, de igual forma se cumplió con el objetivo de balancear la línea a través del modulo Facility Location and Layout del software WinQSB.		10%

Semestre	GUÍA	Objetivo Propuesto	Resultado	Recomendación	Intervención del tutor
VII	5	Familiarizar al estudiante con los fundamentos de los sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de datos (SCADA) y con el entorno de programación de LabView.	La guía dejó en claro qué es un sistema SCADA, sus componentes y dio una pequeña introducción a Labview de National Instruments, el cual es un software de fácil manejo por el entorno gráfico que utiliza, sin embargo se presenta mucha información lo cual dificulta la aplicación de la guía.	Realizar otras guías en donde se profundice acerca del manejo de este software ya que tiene muchas herramientas y sólo se alcanza a apreciar una muy pequeña parte del alcance que tiene. No hacer la guía tan cargada de información porque cansa a quien la está aplicando.	40%
V	6	Familiarizar al estudiante con el entorno del software Promodel.	Se evidencia la importancia de simular los procesos para que con base a los resultados tomar una decisión más objetiva como solución de la situación que se presenta. Se recordaron temas que por falta de práctica se habían olvidado y que son importantes para mejorar la productividad de las organizaciones.	Relacionar la tabla de tiempos de proceso en cada centro de trabajo con el proceso. Se quiere de ayuda del tutor si no se cuenta con pre saberes en el manejo de Promodel. Verificar que cuando se cite una gráfica coincida con el número de la gráfica que se cita.	40%
VIII	7	Establecer la importancia de la simulación y aplicar herramientas de la Teoría de restricciones para mejorar la productividad.	Está guía es una forma didáctica de reforzar conceptos adquiridos durante la carrera.		60%
IX	8	Reforzar el concepto de logística simulando sus procesos y familiarizar al estudiante con el entorno de Promodel.	Se pudo verificar que el uso de la automatización así sea en un nivel bajo proporciona mejoras en el proceso y la importancia que tiene la simulación cuando se crean modelos muy cercanos a la realidad.		60%
IX	9	Identificar el uso de la automatización en los procesos logísticos de almacenamiento y la importancia de la simulación en la toma de decisiones.			60%

Fuente: Autor

Respecto al acompañamiento por parte del tutor al estudiante, las guías se pudieron clasificar en los niveles descritos en la Tabla 22. Nivel de Acompañamiento.

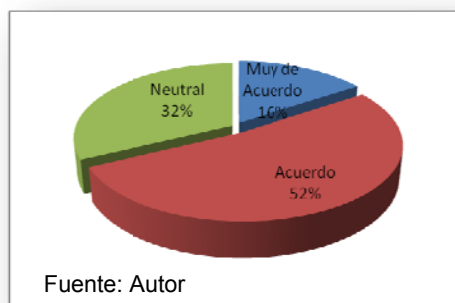
Tabla 22. Nivel de Acompañamiento

Nivel de Acompañamiento por parte del tutor		GUÍA
10%	Desarrolla la guía haciendo preguntas básicas (sólo)	1, 2, 4
40%	Recibe pocas Instrucciones del tutor	3, 5, 6
60%	Requiere pre saber en manejo del software y recibe instrucciones del tutor	7, 8, 9

Fuente: Autor

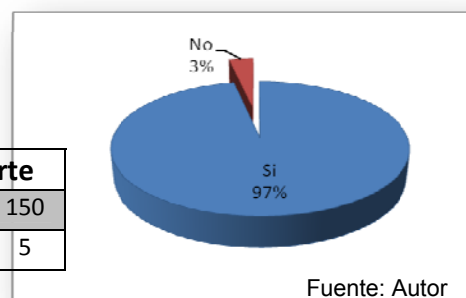
De los 115 estudiantes que realizaron guías con uso de software, sólo el 32% tienen una posición neutra frente a la auto-evaluación basada en competencias de resolución de problemas y manejo de software, el 68% restante están muy de acuerdo y de acuerdo con la autoevaluación como medio para medir y conocer en qué aspectos se deben mejorar.

Gráfica 25. Opinión de los estudiantes respecto a la Autoevaluación y el aporte de la automatización a la vida profesional



Opinión	Estudiantes
Muy de Acuerdo	18
Acuerdo	60
Neutral	37

Aporte	
Si	150
No	5

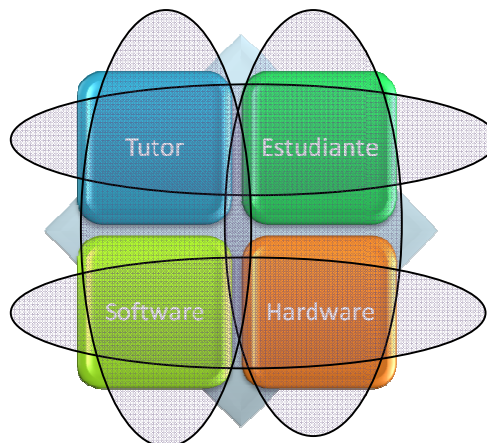


De los 155 estudiantes que realizaron las guías, el 97% considera que el manejo del software y la temática tratada aportan a la vida profesional de manera positiva porque se tratan de temas de actualidad y son herramientas que haciendo uso adecuado mejora la productividad y competitividad de las empresas.

Del análisis de los resultados se identifican cuatro componentes y sus interrelaciones que influyen en el desarrollo de las guías.

- ✓ Tutor: Persona que guía y realiza acompañamiento al estudiante durante el desarrollo de la guía. Se requiere que tenga conocimiento del software y a su vez del tema desarrollado en la guía con el fin de orientar al estudiante.
- ✓ Estudiante: Cuenta con los pre-saberes relacionados con la temática de la guía y/o pre-saberes del software. A su vez la disposición frente al aprendizaje es elemento clave.
- ✓ Software: Versión y características del software.
- ✓ Hardware: Requerimientos para la instalación, configuración y parametrización del software.

Gráfica 26. Componentes para desarrollar las guías.



Fuente: Autor

9. TABLA RESUMEN

Tabla 23. Justificación % cumplimiento de los Objetivos

OBJETIVO	% Cumplimiento	Justificación	Evidencias	Conclusiones
Indagar por la presencia de la automatización en los programas de Ingeniería Industrial en Universidades de Estados Unidos y Colombia.	70%	La consulta realizada en Universidades de Estados Unidos y Colombia acerca de la enseñanza de la automatización dentro de la malla curricular de Ingeniería Industrial fue en un 70 % satisfactoria, debido a que en Estados Unidos de los 91 programas encontrados se obtuvo información de 55 y en Colombia de los 168 programas al 2009 registrados en el SNIES se pudo obtener la información buscada en 71 instituciones.	Capítulo 2. Pág. 23 -26 Anexos A y B	Cada día son más las universidades que dentro del programa de Ingeniería Industrial adoptan temas relacionados con la automatización, con el propósito de formar estudiantes con las competencias necesarias para afrontar los retos planteados por la globalización en materia de tecnología.
	30%	El 30% de no cumplimiento se debe a dificultades en la búsqueda, pues de las Universidades que se encuentran en las listas algunas no tenían la página Web en funcionamiento y otras no tenían la información publicada.		
Diseñar tareas guiadas haciendo uso de tecnologías blandas (software) como componente de un sistema automatizado.	80%	Se crearon 7 tareas guiadas con el fin que dar a conocer diferentes software que forman parte de sistemas automatizados. Se hace uso de Promodel, LabView, Solid Edge y WinQSB.	Capítulo 6. Pág. 67 - 145 Guías 3 - 9	Las tareas guiadas planteadas en el proyecto dan la introducción al manejo de diferentes y muy interesantes software como componente de un sistema automatizado
	20%	Se muestran funciones muy básicas de cada uno de los software.		

OBJETIVO	% Cumplimiento	Justificación	Evidencias	Conclusiones
Hacer uso del software WinQSB (módulo Facility Location and Layout) para realizar la distribución por procesos de una línea de ensamble.	100%	Se diseña una tarea guiada cuyo fin tiene hacer uso del software para realizar el balanceo de la línea de ensamble.	Capítulo 6. Guía 4	WinQSB es un software, que consta de 19 módulos que ayudan a resolver y automatizar algunos problemas de cálculos lineales, investigación de operaciones, planteamiento de producción, evaluación de proyectos, entre otros.
Proporcionar al estudiante de Ingeniería Industrial tareas dirigidas para el uso y manejo del software ProModel como herramienta de simulación y su importancia en la toma de decisiones.	100%	Se diseñaron tareas dirigidas, permitiendo al estudiante crear modelos y formular mejoras con ayuda de herramientas automatizadas.	Capítulo 6. Guías 6 - 9	Promodel es un software especializado en simulación para evaluar, planificar o rediseñar procesos de manufactura, almacenaje, distribución, logística y transporte.
Introducir conceptos de CAD/CAE/CAM y proporcionar bases para el diseño de productos en Solid Edge.	70%	La guía teórica trata temas sobre los sistemas automatizados CAD/CAM/CAE y explica paso a paso como se crea un determinado modelo en Solid Edge.	Capítulo 6. Guías 2 - 3	Solid Edge es un programa de CAD (Diseño Asistido por Computador) en 3D que permite realizar diseños, la consecución de planos de piezas y ensamblajes para ayudar a visualizar productos en un menor tiempo y con mayores garantías técnicas para una creación futura.
	30%	Se da una introducción muy básica al manejo de software dejando sin explicar muchas funciones y aplicaciones mismo. Al momento de realizar la prueba piloto de la guía la licencia de Solid Edge había caducado.		
Presentar conceptos de sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de datos (SCADA), introduciendo funciones básicas de LabView, como componente principal del sistema.	80%	Se realizó una tarea guiada acerca de los sistemas SCADA explicando brevemente su definición, componentes e introduciendo el software de National Instruments LabView.	Capítulo 6. Guía 5	LabView de National Instruments que manejando un entorno gráfico (diagrama de flujo) da soporte a los sistemas SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos) ofreciendo conectividad con dispositivos de medida y control, funciones de análisis y almacenamiento de datos en tiempo real.
	20%	El 20% de no cumplimiento se debe a que se da una introducción muy básica al manejo de software dejando sin explicar muchas funciones y aplicaciones del mismo.		

OBJETIVO	% Cumplimiento	Justificación	Evidencias	Conclusiones
Proponer y utilizar un mecanismo de autoevaluación que permita evidenciar niveles de competencias en la resolución de problemas y manejo de software.	100%	Se definen competencias y se realiza autoevaluación a través del análisis radial del cumplimiento de las mismas.	Capítulo 7. Anexo L	La autoevaluación de las competencias definidas para el manejo de software y la resolución de problemas planteadas, ayudan a visualizar de manera gráfica en que aspectos se tiene fortalezas y debilidades.
Establecer la percepción del estudiante acerca de las guías diseñadas en cuanto a atributos como: logro de objetivos, dificultad en realizar la guía, estructura, contenido, facilidad de lectura, lenguaje y duración.	100%	Una vez aplicada la prueba piloto se diligencia el formato de evaluación de la guía (ver anexo E.) donde se establecen escalas para establecer la percepción de los estudiantes acerca de la guía evaluada ingresando los datos en SPSS.	Capítulo 8.	La percepción de los estudiantes frente a la guía diseñadas en cuanto a los atributos establecidos es en un 90% excelente y buena, entre los aspectos a mejorar esta la duración y la metodología para futuras guías.

Fuente: Autor

10. CONCLUSIONES

Cada día son más las universidades que dentro del programa de Ingeniería Industrial adoptan temas relacionados con la automatización, con el propósito de formar estudiantes con las competencias necesarias para afrontar los retos planteados por la globalización en materia de tecnología. En Estados Unidos de las 55 Universidades consultadas el 71% ofrecen materias afines a la automatización y en Colombia de 71 Universidades y planteles de educación superior el 24% ya adoptan la automatización dentro de la Ingeniería Industrial.

Con el fin de contribuir a la formación integral del Ingeniero Industrial la Universidad Pontificia Bolivariana debe adoptar nuevas tecnologías e incluir temas relacionados con la automatización su definición, componentes, objetivos, los niveles de automatización, autómatas programables, sistemas CAD/CAM/CAE, sistemas SCADA entre otros.

Realizando un análisis de las asignaturas que se ven durante la carrera, se concluye que se pueden incluir temas acerca de la automatización en materias como Introducción a la Ingeniería Industrial, Introducción al pensamiento sistémico, Informática para Ingenieros Industriales, Procesos de Producción, Control de Calidad, Localización y distribución de planta, Planeación y Control de Producción y Logística de Distribución, con el propósito de orientar al estudiante en esta temática.

Las tareas guiadas planteadas en el proyecto dan la introducción al manejo de diferentes y muy interesantes software como componente de un sistema automatizado.

LabView de National Instruments que manejando un entorno gráfico (diagrama de flujo) da soporte a los sistemas SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos) ofreciendo conectividad con dispositivos de medida y control, funciones de análisis y almacenamiento de datos en tiempo real.

Solid Edge es un programa de CAD (Diseño Asistido por Computador) en 3D que permite realizar diseños, la consecución de planos de piezas y ensamblajes para ayudar a visualizar productos en un menor tiempo y con mayores garantías técnicas para una creación futura. Sin embargo la aplicación de la prueba piloto se realizó de forma parcial puesto que la licencia había caducado en la última etapa de la prueba piloto de esta guía.

Promodel es un software especializado en simulación para evaluar, planificar o rediseñar procesos de manufactura, almacenaje, distribución, logística y transporte. **WinQSB** es un software, que consta de 19 módulos que ayudan a resolver y automatizar algunos problemas de cálculos lineales, investigación de operaciones, planteamiento de producción, evaluación de proyectos, entre otros.

La percepción de los estudiantes frente a la guía diseñadas en cuanto a los atributos establecidos es en un 90% excelente y buena, entre los aspectos a mejorar esta la duración y la metodología para futuras guías.

Tabla 24. Percepción atributos de las guías.

Guía	Excelente	Bueno	Aceptable	Regular
1	43%	42%	14%	2%
2	53%	39%	8%	1%
3	24%	56%	17%	4%
4	45%	51%	4%	
5	12%	58%	27%	2%
6	57%	40%	3%	
7	46%	46%	8%	
8	40%	54%	6%	
9	61%	33%	6%	
Total	42%	47%	10%	1%

Fuente: Autor

El compendio de guías introductorias a la automatización facilita el aprendizaje del estudiante y la ejecución de las clases en los laboratorios, ya que dicho documento es una guía práctica y de fácil desarrollo.

El desarrollo de este proyecto permitió incursionar en un campo no explorado durante mi formación como Ingeniera Industrial, aportando conocimientos, competencias y habilidades básicas en automatización y manejo de software, que deben ser enseñados a futuros Ingenieros Industriales profundizando en estos temas para poder enfrentar los retos planteados por la sociedad.

11. REFLEXIONES Y RECOMENDACIONES

Con el objetivo de continuar con la formación del Ingeniero Industrial en el tema de la automatización se plantean las siguientes recomendaciones:

Para realizar guías teóricas de una manera más didáctica y práctica se sugiere hacer uso de videos, visitas a empresas que tengan sus procesos automatizados, visitas al laboratorio de automatización para explicar la temática, entre otras actividades.

Realizar guías con mayor nivel de detalle del software LabView y Solid Edge puesto que en estas guías se explican funciones básicas de los programas con el fin de darlos a conocer y no se profundizan. A su vez también se sugiere explorar los módulos que ofrece WinQSB con el fin de obtener mayor provecho de la herramienta.

Algunas de las características de los componentes encontrados en el desarrollo de la guía a tener en cuenta son:

- ✓ Tutor: Se requiere que tenga conocimiento del software y a su vez del tema desarrollado en la guía con el fin de orientar al estudiante.
- ✓ Estudiante: Contar con los pre-saberes relacionados con la temática de la guía y/o pre-saberes del software. A su vez la disposición frente al aprendizaje es elemento clave.
- ✓ Software: Versión, licencia y características del software.
- ✓ Hardware: Requerimientos para la instalación, configuración y parametrización del software.

El Ingeniero Industrial debe desarrollar competencias en el ejercicio de enseñar a otros, generar conocimiento y metodologías para formar en el “aprender haciendo” a través de las capacitaciones, el diseño de manual de funciones, manual de procesos entre otros.

Una vez el estudiante adquiere los conocimientos en determinado campo, en este caso, la Ingeniería Industrial se dice que se adquiere el **SABER**, hoy día es importante también el **SABER – HACER** que es el conjunto de habilidades que permiten poner en práctica los conocimientos que se poseen, es por esto que es indispensable de a través de los proyectos, las prácticas, las tareas guiadas, los núcleos integradores entre otros, se siga fomentando en el educando esta cultura.

BIBLIOGRAFÍA

CALDERÓN, Eduardo. Diplomado Automatización y Mejoramiento de Equipos. Módulo: Introducción a la Automatización. Febrero 8 de 2008. Unab

DOMÍNGUEZ M, José Antonio. Dirección de Operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. Mc Graw Hill. Pág. 325 – 400.

DORANTES González, Dante Jorge y otros. Automatización y control. Prácticas de Laboratorio. Mc Graw Hill. Pág. 199

Figueras Solé, Enric. Diseño de aplicaciones SCADA con LABVIEW. Disponible en Internet: <http://personal.redestb.es/efigueras/index.htm>. Recuperado el 25 de Agosto de 2008.

GAITHER, Norman. FRAZIER, Greg. Administración de producción y operaciones. Cuarta Edición. Intenational Thomson Editores. Capítulo 5. Pág. 161-195

http://academic.uprm.edu/lrosario/page/4055_clases/automatico.htm

http://dmi.uib.es/~burguera/download/fms_grillo_garcia.pdf

http://manufactura.her.itesm.mx/cm/cm_cdm_1.html

<http://mecatronica-portal.com/2008/02/16/porque-automatizar-razones-de-la-automatizacion/>

<http://sifunpro.tripod.com/automatizacion.htm>

<http://web.ustabuca.edu.co/inicio/academia/industrial/index.jsp>

<http://www.ehu.es/acustica/espanol/electricidad/transes/transes.html>

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=131&rank=1>

<http://www.mastermagazine.info>

<http://www.mtas.es/insht/monitor/Inicio/E/xiv/exiv09.pdf>

<http://www.oit.or.cr/bidiped/Glosario.html>

http://www.pcmag.com/encyclopedia_term/0,2542,t=CATIA&i=39339,00.asp

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>

<http://www.uan.edu.co/deans/ingindustrial/contenidos.industrial/Plan%20Antiguo%2019/X%20semestre/Sem.Admon%20de%20la%20Produccion.pdf>

<http://www.upbbga.edu.co/programas/electronica/electronica.html>

<http://www.upbbga.edu.co/programas/industrial/industrial.html>

ICONTEC. Compendio. Tesis y otros Trabajos de Grado. Quinta actualización. 2002

KONZ, Stephan. Diseño de Instalaciones Industriales. Limusa Noriega Editores. Pág. 315 - 324

LERMA G, Héctor Daniel. Metodología de la Investigación. Pág. 25 - 45

PIERA, Daniel. Cómo y cuándo aplicar un robot industrial. Colección Productiva. Boixareu Editores. Pág. 13 - 14

Prácticas seminario de LabView. Facultad de Ingeniería Mecatrónica. UNAB.

Procedimientos y Guías para la Presentación de trabajos de Grado. Universidad Pontificia Bolivariana. 2004

SAMPIERI, Roberto; COLLADO Carlos. Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill. Tercera Edición

SANZ, Félix. LAFARGUE, José. Diseño Industrial. Desarrollo del producto. Thomson. Pág. 4-10

Software de Control y monitoreo industrial. Disponible en Internet: http://eecta.com/01_desarrollo%20de%20software.html. Recuperado el 1 de septiembre de 2008.

Tutorial de LabVIEW. Disponible en Internet: http://www.gte.us.es/ASIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf. Recuperado el 28 de Agosto de 2008.

AneXos

Anexo A. Listado Universidades Estados Unidos

Universidad*	SI	NO	NR	Asignatura
Andrews University			1	
Arizona State University		1		
Auburn University		1		
Bethel College			1	
Bradley University	1			Computer Numerical Applications
Cal Poly--San Luis Obispo			1	
California State Polytechnic University--Pomona		1		
California State University--Fresno	1			Industrial technology
Cleveland State University	1			Introduction to CAD
Colorado State University--Pueblo	1			Computer Integrated Manufacturing
Columbia University		1		
Dalhousie University		1		
Elizabethtown College	1			Advanced Computer Engineering
Florida A&M University			1	
Florida State University	1			Industrial Automation and Robotics
Gannon University			1	
George Washington University			1	
Georgia Institute of Technology			1	
Hofstra University		1		
Indiana Institute of Technology		1		
Iowa State University	1			Computer Aided Design and Manufacturing
Kansas State University		1		
Kent State University			1	
Kettering University	1			Robotics in automation
Lamar University	1			Computer Int. Manufacturing
Lehigh University		1		
Louisiana State University--Baton Rouge			1	
Louisiana Tech University	1			Robotics and manufacturing
Milwaukee School of Engineering	1			Computer Integrated Manufacturing
Mississippi State University		1		
Montana State University			1	
Monterrey Institute of Technology and Higher Education	1			Sistemas integrados de manufactura
Morgan State University		1		
New Jersey Institute of Technology		1		
New Mexico State University	1			Integrated manufacturing
North Carolina A&T State University			1	
North Carolina State University--Raleigh	1			Computer Integrated Manufacturing
North Dakota State University	1			Automated Manufacturing Systems
Northeastern University			1	
Northern Illinois University	1			Integrated manufacturing systems
Northern Michigan University			1	
Northwestern University			1	
Ohio State University--Columbus	1			automation and lab
Ohio University	1			CIM
Oklahoma State University			1	
Oregon State University	1			Automation
Pennsylvania State University--University Park			1	
Philadelphia University	1			CAD
Purdue University--West Lafayette	1			Industrial Robotics and Flexible Assembly
Rensselaer Polytechnic Institute	1			Automation
Rochester Institute of Technology			1	
Roosevelt University			1	
Rutgers, the State University of New Jersey--New Brunswick			1	
SUNY--Binghamton	1			Industrial Automation and Control

Universidad*	SI	NO	NR	Asignatura
San Jose State University	1			CIM
South Dakota School of Mines and Technology	1			Computer controlled manufacturing
Southern Illinois University--Edwardsville	1			CAD, CAM, CAE
St. Ambrose University	1			Computer-Aided Mfg. Systems
St. Mary's University of San Antonio	1			Automation and control
Tennessee Technological University			1	
Texas A&M University--College Station	1			Integrated system lab
Texas State University--San Marcos		1		
Texas Tech University	1			CIM
Tri-State University			1	
University at Buffalo--SUNY			1	
University of Alabama	1			Computer-Integrated Manufacturing
University of Alaska--Fairbanks	1			CAM
University of Arizona			1	
University of Arkansas			1	
University of Central Florida			1	
University of Connecticut			1	
University of Houston	1			CAD
University of Illinois--Chicago			1	
University of Iowa			1	
University of Louisville	1			CAD
University of Massachusetts--Amherst		1		
University of Miami	1			CAM
University of Michigan--Ann Arbor			1	
University of Minnesota--Twin Cities			1	
University of Missouri--Columbia	1			CIM
University of Nebraska--Lincoln	1			Robotics
University of Oklahoma			1	
University of Pittsburgh	1			CAM
University of Rhode Island			1	
University of San Diego		1		
University of South Florida	1			Automation / Robotics
University of Southern California		1		
University of Southern Maine			1	
University of Tennessee			1	
University of Texas--Arlington			1	
University of Toledo			1	

*http://www.usnews.com/usnews/edu/college/majors/brief/major_14-35_brief.php

Anexo B. Universidades en Colombia

Institución	Departamento	si	no	Asignatura
CORPORACION EDUCATIVA -ITAE-	SANTANDER	X		Introducción a la automatización industrial
CORPORACION UNIVERSAL DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA -CORUNIVERSITEC-	BOGOTA D.C	X		Automatización I y II (Nivel de profundización)
CORPORACION UNIVERSITARIA CENTRO SUPERIOR	VALLE DEL CAUCA	X		Introducción a la tecnología industrial
CORPORACION UNIVERSITARIA DE INVESTIGACION Y DESARROLLO -"UDI"-.	SANTANDER			
CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA CUC	ATLANTICO		X	
CORPORACION UNIVERSITARIA DEL CARIBE - CECAR	SUCRE		X	
CORPORACION UNIVERSITARIA DEL HUILA-CORHUILA-	HUILA			
CORPORACION UNIVERSITARIA DEL META	META			
CORPORACION UNIVERSITARIA LASALLISTA	ANTIOQUIA		X	
CORPORACION UNIVERSITARIA REPUBLICANA	BOGOTA D.C		X	
ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES	BOGOTA D.C	X		Automatización I y II
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO	BOGOTA D.C	X		Fundamentos de automatización y control
ESCUELA DE INGENIERIA DE ANTIOQUIA	ANTIOQUIA		X	
FUNDACION DE EDUCACION SUPERIOR SAN JOSE -FESSANJOSE-	BOGOTA D.C		X	
FUNDACION INSTITUTO DE CARRERAS TECNICAS PROFESIONALES-FIDCI-	CAUCA			
FUNDACION INSTITUTO SUPERIOR DE CARRERAS TECNICAS-INSUTEC-	BOGOTA D.C			
FUNDACION PARA LA EDUCACION SUPERIOR REAL DE COLOMBIA	BOGOTA D.C		X	
FUNDACION UNIVERSIDAD AUTONOMA DE COLOMBIA -FUAC-	BOGOTA D.C		X	
FUNDACION UNIVERSIDAD CENTRAL	BOGOTA D.C	X		Producción calidad e innovación tecnológica
FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA	BOGOTA D.C		X	
FUNDACION UNIVERSIDAD DEL NORTE	ATLANTICO		X	
FUNDACION UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA -UNIAGRARIA-	BOGOTA D.C	X		Neumática Básica
FUNDACION UNIVERSITARIA DE POPAYAN	CAUCA		X	
FUNDACION UNIVERSITARIA KONRAD LORENZ	BOGOTA D.C		X	
FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES	BOGOTA D.C	X		Automatización y Robótica
FUNDACION UNIVERSITARIA PANAMERICANA	BOGOTA D.C		X	
FUNDACION UNIVERSITARIA SAN MARTIN	BOGOTA D.C			
FUNDACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICO COMFENALCO - CARTAGENA	BOLIVAR		X	
POLITECNICO GRANCOLOMBIANO	BOGOTA D.C		X	
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA	BOGOTA VALLE DEL CAUCA	X		Ingeniería aplicada
UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA	VALLE DEL CAUCA		X	
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	NARIÑO		X	
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE	VALLE DEL CAUCA	X		Sistema integrado de manufactura
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MANIZALES	CALDAS		X	
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE	ATLANTICO			
UNIVERSIDAD AUTONOMA LATINOAMERICANA-UNAULA-	ANTIOQUIA		X	
UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA	BOGOTA D.C		X	
UNIVERSIDAD CATOLICA DE ORIENTE	ANTIOQUIA		X	
UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA	VALLE DEL CAUCA			
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	ANTIOQUIA		X	
UNIVERSIDAD DE BOYACA UNIBOYACA	BOYACA		X	
UNIVERSIDAD DE CORDOBA	CORDOBA		X	
UNIVERSIDAD DE IBAGUE	TOLIMA		X	
UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA	GUAJIRA			
UNIVERSIDAD DE LA SABANA	CUNDINAMARCA	X		Automatización y control de procesos
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	BOGOTA D.C	X		Gerencia de la tecnología
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	NORTE DE SANTANDER		X	
UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA	VALLE DEL CAUCA			
UNIVERSIDAD DE SANTANDER	NORTE DE SANTANDER		X	
UNIVERSIDAD DEL ATLANTICO	ATLANTICO			
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA	MAGDALENA		X	
UNIVERSIDAD DEL SINU - ELIAS BECHARA ZAINÚM - UNISINU -	CORDOBA		X	
UNIVERSIDAD DEL VALLE	VALLE DEL CAUCA	X		Gestión de la innovación y tecnología
UNIVERSIDAD DISTRITAL-FRANCISCO JOSE DE CALDAS	BOGOTA D.C		X	
UNIVERSIDAD EL BOSQUE	BOGOTA D.C	X		Laboratorio FESTO
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER	NORTE DE SANTANDER			
UNIVERSIDAD ICESI	VALLE DEL CAUCA		X	
UNIVERSIDAD INCCA DE COLOMBIA	VALLE DEL CAUCA		X	
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	SANTANDER			
UNIVERSIDAD LIBRE	BOGOTA D.C	X		Gestión de tecnología
UNIVERSIDAD MANUELA BELTRAN-UMB-	BOGOTA D.C		X	
UNIVERSIDAD MILITAR- NUEVA GRANADA	BOGOTA D.C			
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD	BOGOTA D.C		X	
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	ANTIOQUIA			
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA	BOYACA		X	
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI	BOGOTA D.C			
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	SANTANDER	X		Control de gestión integral
UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA	BOGOTA D.C	X		Robótica y automatización
UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR	ATLANTICO			
UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR	BOLIVAR		X	
UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA	SAN ANDRES Y PROVIDENCIA	X		Gestión de tecnología

* SNIES Sistema Nacional de Información de Educación Superior. <http://200.41.9.227:7777/men/>

Anexo C. Prototipos Laboratorio de Automatización

Prototipo 2. Calle de selección



Prototipo 1. Brazo Cartesiano.

En construcción



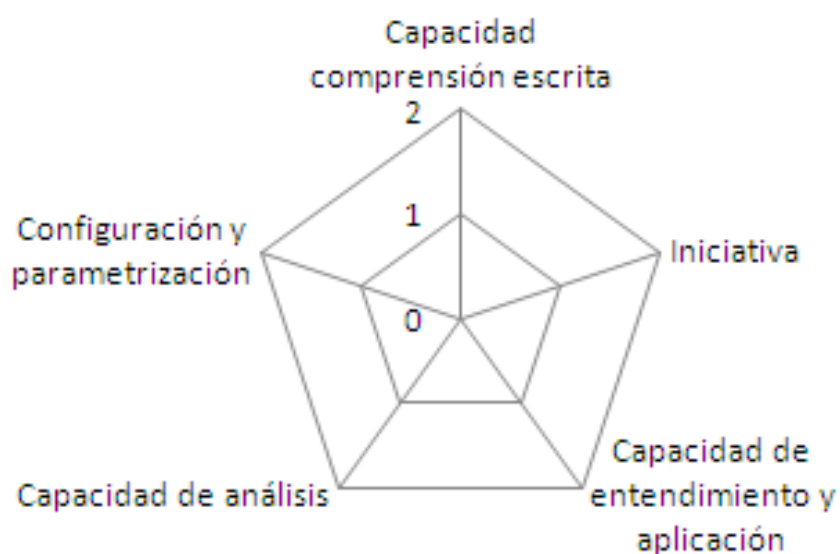
Anexo D. Formato Auto-evaluación de las Guías

Con base en las competencias definidas en relación al manejo de software y resolución de problemas, realice la autoevaluación ubicando en que categoría se encuentra en cada una de las competencias y uniéndolo con una línea para realizar análisis radial y visualizar las fortalezas y debilidades.

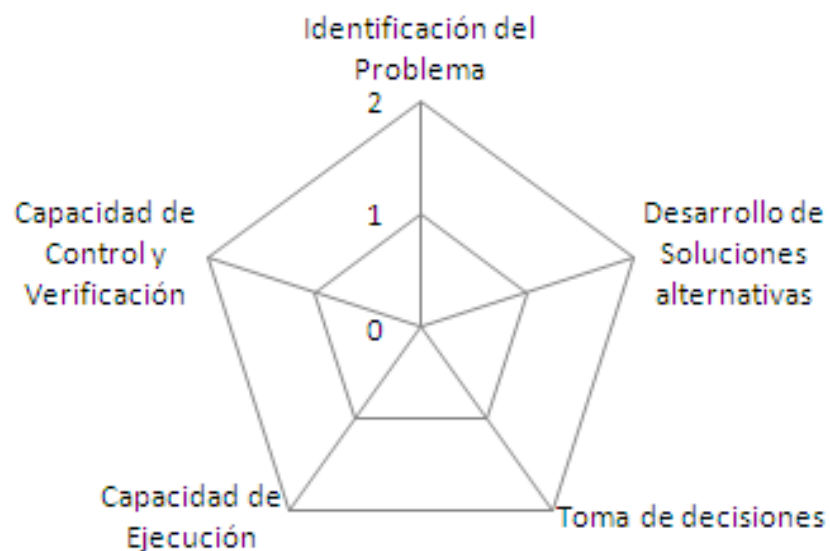
Manejo de Software		Resolución de Problemas	
Competencias	Categoría	Competencias	Categoría
Capacidad comprensión escrita: Es la capacidad de seguir indicaciones generadas e interpretarlas adecuadamente.	1 Desarrolla ejemplos	Identificación del Problema: Capacidad de extraer de una situación los elementos importantes	1 Identifica consecuencias
	2 Desarrolla actividades propuestas		2 Identifica causas
Iniciativa: Es la capacidad que tiene para explorar la herramienta, descubrir y aplicar nuevas funciones utilizando el buscador, la ayuda y ensayo de prueba y error.	1 Utiliza el menú de ayuda.	Desarrollo de Soluciones alternativas: Habilidad para la evaluación de datos y proporcionar diferentes líneas de acción.	1 Propone una solución
	2 Propone otras alternativas.		2 Propone más de una solución
Capacidad de entendimiento y aplicación: Es la habilidad de entender los procesos del software y generar rutinas en su ejecución.	1 No genera Rutina	Toma de decisiones: Capacidad de seleccionar una de las soluciones propuestas, estableciendo variables y desarrollando un modelo preliminar de la solución.	1 No desarrolla modelo
	2 Genera Rutina		2 Desarrolla un modelo
Capacidad de análisis: Capacidad de identificar las necesidades y extraer los datos de un contexto con el fin de obtener conclusiones.	1 Identifica los datos.	Capacidad de Ejecución: Destreza de poner en marcha y desarrollar el modelo con base a la decisión tomada	1 Corre el modelo
	2 Obtiene los datos.		2 Analiza Resultados
Capacidad de configurar y parametrizar: El estudiante adquiere habilidad en el manejo del software que es capaz de configurar y parametrizar de acuerdo a sus requerimientos y necesidades	1 No.	Capacidad de Control y Verificación: Habilidad para evaluar y determinar si los resultados obtenidos cumple con los objetivos y parámetros establecidos con el fin de proponer cambios que mejore el proceso.	1 Verifica que se cumpla con los objetivos y parámetros propuestos.
	2 Si.		2 Propone cambios con base a los resultados.

Fuente: Autor

Manejo de Software



Resolución de Problemas



Anexo E. Formato Evaluación Prueba Piloto

 Universidad Pontificia Bolivariana <small>SECCIONAL BUCARAMANGA</small>	EVALUACIÓN PRUEBA PILOTO		
	Guía N	Semestre	Requisito
	Hora Inicio:		Hora Final:

El propósito de este cuestionario es evaluar las guías diseñadas a través de la prueba piloto. Muchas gracias por su colaboración.

1. ¿Se alcanzaron los objetivos propuestos en la guía? Si ☐ No ☐

2. Durante el desarrollo de la guía ¿se le presentó alguna dificultad? Si ☐ No ☐
 Por favor señálela en la hoja de la práctica y descríbala a continuación:

Marque con una X de acuerdo con la siguiente escala:

A: Excelente B: Bueno C: Aceptable D: Regular E: Deficiente

		A	B	C	D	E
3.	Contenido					
4.	Estructura					
5.	Facilidad de lectura					
6.	Comprensión lenguaje utilizado					
7.	Metodología Utilizada					
8.	Duración de la Prueba					

9.Cuál es su opinión frente al aporte de la Autoevaluación?

Muy de Acuerdo ☐ Acuerdo ☐ Neutral ☐ Desacuerdo ☐ Muy en Desacuerdo ☐

10. Como Ingenier@ Industrial, ¿considera que el manejo del software o la temática tratada le aporta algo a su vida profesional? Si ☐ No ☐

¿Porque?_____

Sugerencias:_____

Observaciones:_____
