



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**IMPACTO DE LAS POLÍTICAS DE PRODUCCIÓN SOBRE LA SATISFACCIÓN
DE DIFERENTES COMPORTAMIENTOS DE DEMANDA USANDO
HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN**

Tutor Académico:

Ing. Andrés Giménez

Autores:

RAMOS Y., Luis A.

TOVAR H., Freya del C.

Bárbula, Marzo de 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**IMPACTO DE LAS POLÍTICAS DE PRODUCCIÓN SOBRE LA SATISFACCIÓN
DE DIFERENTES COMPORTAMIENTOS DE DEMANDA USANDO
HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo
para optar por el título de Ingeniero Industrial

Tutor Académico:

Ing. Andrés Giménez

Autores:

RAMOS Y., Luis A.

TOVAR H., Freya del C.

Bárbula, Marzo de 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Nosotros los abajo firmantes, Miembros del Jurado, designados por el Consejo de Escuela para evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado “Impacto de las Políticas de Producción sobre la Satisfacción de Diferentes Comportamientos de Demanda usando Herramientas de Simulación”, realizado por los Brs. Freya del Carmen Tovar Herrera, C.I. 14.393.683 y Luis Alfredo Ramos Yépez, C.I. 15.816.451; hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. María A. Salama

Jurado

Prof. Manuel Jiménez

Jurado

Prof. Andrés Giménez

Tutor Académico

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios por ser mi mejor amigo, mi fortaleza, darme todo lo que tengo y no dejarme caer nunca.

A Mis tres Padres: Carmen, Flor (Mami) y Moises, por ser los pilares fundamentales de este éxito.

A mis Hermanos: Nilcar y Moises, mis sobrinos: Angelo y Melani y a toda mi familia.

Freya del Carmen Tovar Herrera

DEDICATORIA

A Dios que nos concede el privilegio de la vida y nos da lo necesario para alcanzar nuestras metas. Gracias, por las pruebas que me hacen crecer como persona y por los padres que me haz dado que son mi mayor fortaleza, gracias a ellos y a ti señor, soy lo que soy en este mundo.

Dedico también este trabajo a mis padres: Roseliano y Francisca, por el amor y todos esos valores que me inculcaron para conducirme correctamente.

A mis hermanos: Zulay, José Gregorio, Albenis, Douglas, Francisco, Gaubain, Rosel, Mirla, William, Raidys, Jól, Dannis, Hernán y demás familiares por toda la paciencia que me han tenido, les dedico este gran logro con todo mi amor y cariño.

A mi hermano Albenis, gracias por haber confiado en mí y haberme brindado la oportunidad de estudiar y ser lo que soy.

A mis abuelos, que desde el cielo me guiaron por el camino del bien y así poder lograr alcanzar mis metas.

A mis amigos y seres queridos, que siempre estuvieron presentes en mi vida, dándome apoyo y mucha fuerza en esos momentos de preocupación; esos trasnocho estudiando, todas esas risas en clase que nunca olvidare.

Luís A. Ramos Y.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen por iluminarme cada día, por enseñarme y darme fuerzas para seguir siempre adelante. Por invitarme a recorrer este hermoso camino de mi carrera.

A mis Padres, Carmen y Moisés, por la paciencia, el apoyo, el amor y todos esos valores que me inculcaron para conducirme correctamente. Espero que estén orgullosos de mí.

A mi Mamí Flor, mi segunda madre, por su infinita paciencia, su entrega y dedicación día a día en mis momentos de niñez, por su inagotable amor y por estar siempre allí conmigo y quererme como solo tú lo haces, este gran logro también te lo debo a ti.

A mis Hermanos, Nilcar y Moisés (Moi) por toda la paciencia que me han tenido, por todos los momentos compartidos, entre juegos, risas y llantos; les dedico este gran logro con todo mi amor.

A mi Abuelo Nolasco, por enseñarme lo bueno y lo malo; a mi tíos: Yvette, Juana, Elvis, Zoraida, José, Angelina, Cecilia, Samuel y los que nos están conmigo pero que desde el cielo me iluminan y me guían siempre (mi Abuela Nicomedes y mis tíos Luis y Nelson), gracias por todos sus sabios consejos...son los mejores!!.

A mis Sobrinos (Angelo y Melani) y Ahijados (Jesús y Fedra) por regalarme tantas risas, por ser ellos el futuro y esto es un ejemplo de lo que se puede lograr con mucho sacrificio. Dios me los Bendiga!!!

A mis Primos José Angel, Pedrín, Alberto, Elvis Joel, Anelvis, Tete, Juan, María de los Angeles, Eloina, gracias por los momentos compartidos y desde el cielo a mi primo Fernando (Tato); a Oscar Cifuentes por su apoyo incondicional con mi familia.

A Luís Ramos, mi compañero de tesis, mi amigo, mi hermano, mi futuro compadre; por su apoyo y paciencia en los momentos difíciles de la carrera, por sus risas en todo momento y las noches de estudio... En definitiva por ser parte importante de este gran logro.

A Carlos Robaina, por enseñarme que no hay límites, que lo que me proponga lo puedo lograr y que solo depende de mí. Gracias por tu amor y por llenar mis días de alegrías.

A mis mejores amigas, Jessenia, Yamileth, Leinny, Naylet, Yamicel y Angelica, Audra y Laura por aconsejarme, regañarme, compartir risas y llantos y por todos esos lindos años que compartimos juntas.

Al buen equipo de trabajo que conseguí en el Proyecto de Simulación, Cecilia, Humberto, Larry y Sheila, gracias por permitirme conocerlos y por ser parte de su vida y aún después...Gracias por su paciencia. A mis panitas Maryory y Nayret, por los esfuerzos compartidos en los últimos momentos de la tesis....¡¡¡¡Sufrimos Que Jode!!!

Al Padre y al Maestro.

A la Universidad de Carabobo por darme la importante oportunidad de formarme profesionalmente en la carrera de Ingeniería Industrial y; a todos los profesores que me brindaron sus conocimientos y consejos a lo largo de esta

etapa, agradecimiento especial a los profesores: Emilsy Medina, Enrique Pérez, Ilse Pérez, Ángel Carnevalli y Manuel Jiménez (por su enseñanza y ayuda en simulación....gracias.... gracias...gracias!!!).

Al Profesor Ing. Andrés Giménez, por asesorarnos a lo largo de la tesis y acompañarnos en este camino, y que este sea el inicio de miles de proyectos por realizar, gracias por compartir sus conocimientos conmigo e inspirar en mi mucha admiración.

A todas aquellas personas que son parte de mí aunque no nombre y que de alguna forma han sido parte de este logro.

Gracias a todos!!

Gracias por ayudarme a lograrlo.

Los quiero mucho.....!!

Freya del Carmen Tovar Herrera

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darnos día a día la luz y la fuerza para culminar esta etapa con éxito.

A nuestros padres, hermanos y demás familiares por ser los pilares fundamentales de este éxito. Por su paciencia y comprensión durante estos años.

A la Universidad de Carabobo, en cuyas aulas fuimos logrando nuestros sueños y forjando otros venideros.

Al profesor Ing. Andrés Giménez, nuestro tutor académico, por formar parte de este logro y pintar este último paso de la carrera, con su paciencia y experiencia ayudarnos en los momentos difíciles.

Al profesor Ing. Manuel Jiménez, por su paciencia y apoyo para el logro exitoso de este trabajo especial de grado.

A mi amiga y compañera de tesis, Freya Tovar, por su apoyo y paciencia en los momentos difíciles de la carrera, por sus risas en las aulas de clase y las noches de estudio. En definitiva por ser parte de este logro.

Luís A. Ramos Y.



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|---|-----------|
| LISTA DE TABLAS..... | xii |
| LISTA DE FIGURAS..... | xiv |
| RESUMEN..... | xviii |
| INTRODUCCIÓN..... | xix |
| | |
| CAPÍTULO I: EL PROBLEMA. | 22 |
| 1.1. Planteamiento del Problema | 23 |
| 1.2. Formulación del Problema..... | 25 |
| 1.3. Objetivos | 26 |
| 1.3.1. Objetivo General..... | 26 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos | 26 |
| 1.4. Alcance | 27 |
| 1.5. Limitaciones | 28 |
| 1.6. Justificación..... | 28 |
| | |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO. | 30 |
| 2.1. Antecedentes | 31 |
| 2.2. Fundamentos Teóricos..... | 34 |
| | |
| CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO. | 41 |
| 3.1. Tipo de Investigación | 42 |
| 3.2. Diseño de la Investigación..... | 42 |
| 3.3. Fuentes de Recolección de la Información..... | 43 |
| 3.4. Fases de la Investigación..... | 44 |
| | |
| CAPÍTULO IV: FACTORES A CONSIDERAR EN EL MODELO. | 47 |
| 4.1. Actividades a Simular | 48 |
| 4.1.1. Submodelo de Demanda..... | 49 |
| 4.1.2. Submodelo de Producción | 59 |
| 4.1.3. Submodelo de Fallas..... | 72 |



| | |
|--|-----|
| 4.2. Diagramas de Flujos de los Submodelos | 79 |
| 4.2.1. Diagramas de Flujos de Demanda..... | 79 |
| 4.2.2. Diagramas de Flujos de Producción..... | 83 |
| 4.2.3. Diagramas de Flujos de Fallas..... | 89 |
| 4.3. Diagramas de Flujos de los Escenarios | 90 |
| 4.4. Variables de Entrada..... | 106 |
| 4.3. Supuestos a Considerar..... | 108 |
| | |
| CAPÍTULO V: EL MODELO. | 112 |
| 5.1. Software Utilizado..... | 113 |
| 5.1.1. Arena..... | 115 |
| 5.2. Factores Involucrados en los Submodelos Estudiados..... | 116 |
| 5.2.1. Submodelo de Demanda..... | 116 |
| 5.2.2. Submodelo de Producción..... | 125 |
| 5.2.3. Submodelo de Fallas..... | 132 |
| 5.3 Explicación de los Submodelos..... | 136 |
| 5.4. Verificación de los Escenarios..... | 149 |
| 5.5. Validación de los Escenarios..... | 150 |
| 5.5.1 Cálculo del Número de Réplicas..... | 151 |
| 5.5.2 Escenarios bajo Producción Continúa..... | 155 |
| 5.5.3 Escenarios bajo Producción Contrapedido..... | 156 |
| 5.6. Análisis de Sensibilidad..... | 156 |
| | |
| CAPÍTULO VI: MANUAL DE INSTRUCCIONES. | 159 |
| 6.1 Alimentación de las Variables..... | 160 |
| 6.2 Corrida de los Modelos..... | 298 |
| | |
| CONCLUSIONES..... | 305 |
| RECOMENDACIONES..... | 309 |
| BIBLIOGRAFÍA | 311 |
| APÉNDICES..... | 316 |



LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla Nº 1: Variables de Entrada del Submodelo de Demanda..... | 59 |
| Tabla Nº 2: Secuenciación en una o varias máquinas..... | 60 |
| Tabla Nº 3: Reglas Estáticas de Prioridad..... | 61 |
| Tabla Nº 4: Ejemplo de Reglas de Prioridad..... | 62 |
| Tabla Nº 5: Ejemplo 2 de Reglas de Prioridad..... | 63 |
| Tabla Nº 6: Variables de Entrada del Submodelo de Producción..... | 71 |
| Tabla Nº 7: Variables de Entrada del Submodelo de Falla..... | 78 |
| Tabla Nº 8: Otras Variables de Entrada considerados en el Sistema de Estudio..... | 108 |
| Tabla Nº 9: Parámetros utilizados para la Selección del Mejor Escenario de Producción..... | 152 |
| Tabla Nº 10: Resultados de la simulación para todos los escenarios utilizando los parámetros seleccionados..... | 153 |
| Tabla Nº 11: Resultados de la simulación para todos los escenarios utilizando los indicadores..... | 154 |
| Tabla Nº 12: Resultados de la Simulación para los Escenarios de Producción Continúa..... | 155 |
| Tabla Nº 13: Resultados de la Simulación para los Escenarios de Producción Programada..... | 156 |
| Tabla Nº 14: Resultados de la Simulación para el Escenario Nº 8..... | 158 |
| Tabla Nº 15: Resultados del Análisis de Sensibilidad para el Escenario Nº 8. | 158 |
| Tabla Nº 16: Nombre de las Variables Externas para el escenario 1..... | 160 |
| Tabla Nº 17: Nombres de las Variables a modificar en el escenario 1..... | 164 |
| Tabla Nº 18: Nombre de las Variables Externas para el escenario 2..... | 175 |
| Tabla Nº 19: Nombres de las Variables a modificar en el escenario 2..... | 178 |
| Tabla Nº 20: Nombre de las Variables Externas para el escenario 3..... | 190 |
| Tabla Nº 21: Nombres de las Variables a modificar en el escenario 3..... | 193 |
| Tabla Nº 22: Nombre de las Variables Externas para el escenario 4..... | 209 |
| Tabla Nº 23: Nombres de las Variables a modificar en el escenario 4..... | 212 |
| Tabla Nº 24: Nombre de las Variables Externas para el escenario 5..... | 227 |
| Tabla Nº 25: Nombres de las Variables a modificar en el escenario 5..... | 230 |



| | |
|---|-----|
| Tabla Nº 26: Nombre de las Variables Externas para el escenario 6..... | 248 |
| Tabla Nº 27: Nombres de las Variables a modificar en el escenario 6..... | 251 |
| Tabla Nº 28: Nombre de las Variables Externas para el escenario 7..... | 269 |
| Tabla Nº 29: Nombres de las Variables a modificar en el escenario 7..... | 272 |
| Tabla Nº 30: Nombre de las Variables Externas para el escenario 8..... | 284 |
| Tabla Nº 31: Nombres de las Variables a modificar en el escenario 8..... | 287 |



LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura N° 1: Pasos para Realizar un Estudio de Simulación..... | 40 |
| Figura N° 2: Venta inmediata o pérdida..... | 79 |
| Figura N° 3: Venta inmediata o diferida..... | 80 |
| Figura N° 4: Venta inmediata total o parcial (back order)..... | 81 |
| Figura N° 5: Venta programada..... | 82 |
| Figura N° 6: Producción bajo pedido usando menor tiempo de entrega..... | 83 |
| Figura N° 7: Producción continua usando menor tiempo de entrega..... | 84 |
| Figura N° 8: Producción bajo pedido usando FIFO..... | 86 |
| Figura N° 9: Producción continua usando FIFO..... | 87 |
| Figura N° 10: Fallas de Materiales, Maquinarias y Ausentismo..... | 89 |
| Figura N° 11: ESCENARIO N° 1 Venta Inmediata o Pérdida bajo un Sistema de Producción Continua y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega..... | 90 |
| Figura N° 12: ESCENARIO N° 2 Venta Inmediata o Pérdida bajo un Sistema de Producción Continua y utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO)..... | 92 |
| Figura N° 13: ESCENARIO N° 3 Venta Parcial o Total (Back Order) bajo un Sistema de Producción Continua y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega..... | 94 |
| Figura N° 14: ESCENARIO N° 4 Venta Parcial o Total (Back Order) bajo un Sistema de Producción Continua y utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO)..... | 96 |
| Figura N° 15: ESCENARIO N° 5 Venta Inmediata o Diferida bajo un Sistema de Producción Continua y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega..... | 99 |
| Figura N° 16: ESCENARIO N° 6 Venta Inmediata o Diferida bajo un Sistema de Producción Continua y utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO)..... | 101 |



| | |
|--|-----|
| Figura Nº 17: ESCENARIO Nº 7 Venta Programada bajo un Sistema de Producción por Pedido y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega..... | 103 |
| Figura Nº 18: ESCENARIO Nº 7 Venta Programada bajo un Sistema de Producción por Pedido y utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO)..... | 105 |
| Figura Nº 19: Porcentaje de Trabajos presentados en la Winter Simulation Conference (WSC) 2006..... | 114 |
| Figura Nº 20: Ventana del Software Arena..... | 115 |
| Figura Nº 21: Módulo CREATE para la Creación de las Llegadas de los Clientes..... | 117 |
| Figura Nº 22: Cuadro de Diálogo del Módulo CREATE para la Llegada de Clientes que demandan los Productos..... | 117 |
| Figura Nº 23: Cuadro de Diálogo del Ejemplo 3..... | 118 |
| Figura Nº 24: Módulos DECIDE para Simular el Tipo de Producto..... | 118 |
| Figura Nº 25: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para el chequeo del tipo de entrega que desea el cliente..... | 119 |
| Figura Nº 26: Módulos ASSIGN para la Asignación de los Atributos del Cliente..... | 119 |
| Figura Nº 27: Cuadro de Diálogo del Módulo ASSIGN para la asignación de la Demanda A..... | 120 |
| Figura Nº 28: Módulos DECIDE para Simular la Verificación de Existencia... .. | 120 |
| Figura Nº 29: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para el Chequeo de las Existencias de Productos..... | 121 |
| Figura Nº 30: Módulos DECIDE para Simular el Tipo de Entrega de los Productos..... | 122 |
| Figura Nº 31: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para el chequeo del tipo de entrega que desea el cliente..... | 122 |
| Figura Nº 32: Módulo ASSIGN para la contabilización de las ventas de producto A y la cantidad de clientes tipo A que realizan dichas ventas..... | 123 |
| Figura Nº 33: Modulo RECORD para la contabilización de las ventas de A y la cantidad de clientes tipo A que realizan dichas ventas..... | 124 |



| | |
|---|-----|
| Figura N° 34: Cuadro de diálogo del Módulo RECORD para contabilizar la venta inmediata tipo A..... | 124 |
| Figura N° 35: Cuadro de diálogo del Módulo RECORD para contabilizar la cantidad de clientes tipo A que realizan venta inmediata..... | 125 |
| Figura N° 36: Módulo PROCESS para la fabricación del producto bajo pedido..... | 125 |
| Figura N° 37: Módulo PROCESS para la fabricación Continúa o bajo Stock.. | 126 |
| Figura N° 38: Cuadro de Diálogo del Módulo PROCESS para la fabricación del producto bajo pedido..... | 126 |
| Figura N° 39: Casilla QUEUE..... | 127 |
| Figura N° 40: .Cuadro de Diálogo de la casilla QUEUE para la asignación de la regla de prioridad (FIFO) de producción de los tipos de productos..... | 127 |
| Figura N° 41: Cuadro de Diálogo de la casilla QUEUE para la asignación de la regla de prioridad (Menor Tiempo de Entrega) de producción de los tipos de productos..... | 127 |
| Figura N° 42: Módulos DECIDE para Simular la Capacidad de la Línea..... | 128 |
| Figura N° 43: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para el chequeo del tiempo de entrega del producto con respecto a la capacidad de producción... | 128 |
| Figura N° 44: Módulos DECIDE para Simular el Punto de Reorden..... | 129 |
| Figura N° 45: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para el chequeo del Nivel o Punto de Reorden..... | 130 |
| Figura N° 46: Módulos ASSIGN para la Actualización de Inventarios..... | 130 |
| Figura N° 47: Cuadro de Diálogo del Módulo ASSIGN para la actualización del Inventario del producto C..... | 131 |
| Figura N° 48: Módulo PROCESS para el Proceso de Puesta a Punto..... | 131 |
| Figura N° 49: Cuadro de diálogo del Módulo PROCESS para el Proceso de Puesta a Punto..... | 132 |
| Figura N° 50: Módulo DECIDE para la Verificación del Ausentismo..... | 133 |
| Figura N° 51: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para la verificación del ausentismo..... | 133 |
| Figura N° 52: Módulo ASSIGN para la asignación del nuevo tiempo de operación | 134 |



| | |
|---|-----|
| Figura Nº 53: Cuadro de diálogo del Módulo ASSIGN para la asignación del nuevo tiempo de operación..... | 135 |
| Figura Nº 54: Módulo Process para el proceso de fabricación con fallas por ausentismo..... | 135 |
| Figura Nº 55: Cuadro de diálogo del Módulo Process por una parada de ausentismo..... | 136 |
| Figura Nº 56: Diagrama de la llegada de los clientes..... | 137 |
| Figura Nº 57: Diagrama de la definición del pedido del producto A para una venta inmediata..... | 138 |
| Figura Nº 58: Diagrama de la definición del pedido del producto A para una venta inmediata con back order..... | 139 |
| Figura Nº 59: Diagrama de la definición del pedido del producto A para una venta inmediata con cliente que vuelve..... | 141 |
| Figura Nº 60: Diagrama de la definición del pedido del producto A para una venta programada..... | 142 |
| Figura Nº 61: Diagrama de las llegadas de los Pedidos..... | 142 |
| Figura Nº 62: Diagrama de Capacidad de Producción Pedido Tipo A..... | 143 |
| Figura Nº 63: Diagrama de Capacidad de Producción Pedido Tipo C..... | 144 |
| Figura Nº 64: Diagrama del Nivel de Reorden Producto Tipo A..... | 145 |
| Figura Nº 65: Diagrama del Sistema de producción continua para el Producto Tipo B..... | 146 |
| Figura Nº 66: Diagrama del Nivel de Reorden Producto Tipo B..... | 147 |
| Figura Nº 67: Diagrama del sistema de producción usando FIFO Producto Tipo B..... | 147 |
| Figura Nº 68: Diagrama del sistema de fallas de una línea de producción..... | 148 |



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



IMPACTO DE LAS POLITICAS DE PRODUCCIÓN SOBRE LA SATISFACCIÓN DE DIFERENTES COMPORTAMIENTOS DE DEMANDA USANDO HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN

AUTORES:

RAMOS Y., Luís A.

TOVAR H., Freya del C.

TUTOR:

Ing. Andrés Giménez.

AÑO: 2008

RESUMEN

El presente trabajo se refiere a la construcción de diferentes modelos que representan escenarios de sistemas de producción utilizando diferentes comportamientos de demanda, a través del uso de la simulación de sistemas para obtener la mejor configuración de producción para cada escenario de demanda. Con esto se brinda la oportunidad de experimentar cambios para conocer sus efectos antes de ser aplicados al sistema real. Para ello, se realizó un análisis exhaustivo del sistema para identificar los factores y variables que influyen en el mismo, y una vez seleccionadas dichas variables se seleccionaron los parámetros idóneos para incluirlas en los modelos construidos, el cual se simuló con la ayuda del Software de ARENA considerando una jornada de 24 horas por día, durante un tiempo de simulación de 20 meses, con un total de 5 corridas. Para el análisis de los resultados se realizó las respectivas corridas para los ocho (8) escenarios generados, seleccionando la mejor de ellas en función de los indicadores Satisfacción del Cliente y la Capacidad Productiva. Adicionalmente se elaboró un manual de instrucciones para guiar al usuario en el uso y comprensión de los modelos; este consta de dos (2) secciones: alimentación y corrida del modelo. La verificación y validación de los escenarios permitió afirmar la efectividad del mismo.

PALABRAS CLAVES: Demanda, Producción, Variantes de un Sistema, Productividad, Simulación.



INTRODUCCIÓN

El éxito de las organizaciones no tiene fórmula definida. En los mismos intervienen factores internos y externos. La demanda es uno de los factores externos; además es parte esencial en la gestión de la cadena de suministros, ya que ayuda por un lado, a determinar los precios de venta y por otro, los cálculos de costos de producción, materias primas, entre otros. Permitiendo así, mantener los niveles más bajos de inventarios y/o alcanzar los mejores niveles de servicio de los clientes.

Por otro lado, el proceso productivo es parte esencial de toda organización y por ende, se debe velar porque este funcione perfectamente, para evitar demoras en el proceso, que puedan afectar la satisfacción de los clientes. En el mismo, se establece el orden en el cual serán fabricados los diferentes productos, de tal forma de buscar la secuencia adecuada cumpliendo diferentes objetivos, tales como: la inexistencia de tiempos muertos de fabricación, reducción de tiempo de cambio y ajuste de máquinas, anulación de retrasos, etc. En muchas ocasiones, los responsables de producción se encuentran con el problema de decidir la secuencia idónea de fabricación de una o varias líneas de productos, dentro de los conceptos de Justo a Tiempo y Manufactura Esbelta.

No obstante, el entorno de las organizaciones está compuesto de sistemas cambiantes y para lograr la continuidad de las mismas, necesariamente tienen que ir a la par con los cambios que se generen, creando nuevos métodos y estrategias que no solo permitan alcanzar los métodos, sino que sean incluso, propulsoras de significativos cambios en el sistema, y en la búsqueda siempre de seguir mejorando lo ya mejorado.

En los últimos años, la tecnología ha avanzado a pasos agigantados y hoy en día se propone a las organizaciones manufactureras, dar un paso más allá en el uso actual de dicha tecnología, en combinación de sus recursos materiales y humanos para aumentar la eficiencia en una de las labores diarias que más contribuye al aprovechamiento de los recursos: La Programación de la



Producción, apoyada en una herramienta que permita mejorar las funciones del presente y adelantarse a los posibles cambios del futuro. Es cuando se hace necesario el uso de modelos de simulación, los cuales van a permitir observar el funcionamiento del sistema y tomar las decisiones que hagan cumplir a cabalidad los objetivos planteados. En este sentido, puede considerarse la simulación como una herramienta que sirve para desarrollar un modelo del sistema real, con el fin de estudiar su comportamiento y evaluar todo su funcionamiento.

Actualmente se simulan comportamientos hasta de las partes más pequeñas de un mecanismo, el desarrollo de epidemias, el sistema inmunológico humano, sucursales bancarias, juegos, la evolución del Universo, entre otros. En los países altamente desarrollados la simulación es una herramienta principal en los procesos de toma de decisiones, en el manejo de empresas y en la planeación y programación de la producción. Entre las ventajas que presenta la simulación se tienen que: el tiempo de desarrollo del sistema real puede reducirse, las decisiones pueden chequearse artificialmente, un mismo modelo puede usarse muchas veces, minimización de los costos de experimentar directamente con el sistema obteniendo mejores beneficios.

Debido a lo anterior, se creó la necesidad de desarrollar este Trabajo Especial de Grado, con el fin de aplicar la simulación en un proceso productivo, donde se visualicen modelos con las diferentes formas de producción, de acuerdo a una demanda definida por los clientes. Para así, poder evaluar su comportamiento, determinar el mejor escenario de producción de acuerdo a una demanda específica, permitiendo tomar decisiones acertadas y que además sirva de guía para futuros investigadores en la simulación de los procesos productivos.

Finalmente, este Trabajo Especial de Grado se encuentra dividido en 6 capítulos: El capítulo I, presenta el problema, el cual incluye la formulación del problema, objetivo general y objetivos específicos, así como la justificación, limitaciones y el alcance; el capítulo II, presenta antecedentes consultados y antecedentes teóricos; el capítulo III, presenta el tipo, diseño y fases de la investigación; el capítulo IV, presenta las actividades a simular, el software



utilizado, supuestos considerados y las variables de entrada; el capítulo V, presenta los diagramas de flujos de los modelos, explicación de los modelos, verificación y validación del modelo y el análisis de los resultados; en el capítulo VI, se presenta un manual de instrucciones para el manejo del simulador. Por último se presentan las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas obtenidas durante la investigación.



En esta sección se presentan aspectos del planteamiento del problema, situando la problemática del sistema en estudio. Culminando ésta con una interrogante (formulación del problema).

Por otro lado, se presentan los objetivos tanto generales como específicos, que permitirán orientar la acción (alcance) y los límites en el estudio (limitaciones). De igual forma, se expone la importancia y justificación de la investigación que propone responder a las posibilidades reales o bien el alcance del análisis para la solución del problema y poder cumplir con el propósito del objetivo general.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La programación de la producción es una de las actividades más delicadas que se deben cumplir en las organizaciones manufactureras. Pues es la que permite orientar la producción para:

- Prestar un mejor nivel de servicio a los clientes,
- Tener un mayor control de inventarios,
- Tener un mayor control de las operaciones en planta, y
- Mejorar la efectividad de las maquinarias y equipos.

Una de las problemáticas más comunes, es producir lo necesario, sin sobrantes ni faltantes y para lograr esto, se necesita producir bajo políticas de producción e inventario. Pues estas permiten lograr niveles estables de producción que se traducen en, economía en las compras de materias primas y componentes, simplificación de los problemas de almacenamiento, mejor utilización de las instalaciones de la planta, etc. Además éstas deben ser flexibles y susceptibles a modificaciones sin perder su eficacia.

Por razones de competitividad global, las empresas tratan de producir de manera que conlleven a su crecimiento. Pero en la realidad esto no es fácil, pues se desconocen las variaciones de la satisfacción de la demanda ante las



diferentes formas de producir. Además debido a los cambios sociales, políticos, ambientales, entre otros, las condiciones del mercado cambian constantemente (sistemas dinámicos) y las organizaciones tienen que adaptar estos cambios a sus procesos.

Ante esta necesidad, se tiene que armonizar la cadena de suministro a lo demandado por el cliente, a lo que le agrega valor. Entre las cosas que se deben adaptar y que le agregan valor al cliente, está el tener productos de calidad, en las cantidades que él lo requiera, en el momento oportuno y a un costo razonable. Para lograr esto, se debe combinar el mejor escenario de producción para la satisfacción del cliente.

Se sabe que las empresas no pueden evidentemente cambiar de manera rápida, la forma de producir y luego comprobar los resultados, para ver si ésta fue la mejor, pues no es fácil cambiar configuraciones en planta, rutinas de políticas, manejo de facilidades de producción, etc. Al analizar el comportamiento de la demanda, las políticas de producción y el control de las existencias, con el fin de obtener la secuencia adecuada para producir los pedidos, es necesario utilizar métodos analíticos, lo que implica:

- Un gran número de suposiciones,
- Múltiples escenarios,
- Gran inversión de tiempo.

Para contrarrestar esta situación, se han desarrollado a través del tiempo una diversidad de herramientas que le permiten a las organizaciones minimizar el riesgo y la incertidumbre en la toma de decisiones.

La simulación es una de estas herramientas, y con su aplicación, no sólo se logra representar posibles escenarios hipotéticos, sino que se logran disminuir los costos involucrados en la toma de decisiones, el tiempo utilizado y las probabilidades de riesgo. Es decir, evalúa distintas maneras de producir sin



necesidad de hacerlo en el sistema real, a un menor costo, mínimo tiempo y con respuestas rápidas.

La presente investigación consiste, en evaluar el mejor escenario de producción para la satisfacción de la demanda. Esto se hará a través de la construcción de varios modelos de simulación, que permitan analizar las variantes que influyen en los procesos productivos, donde se puedan cambiar ciertos elementos tales como las formas de producción y la demanda. Para así, visualizar la mejor manera de producir en función del tipo de demanda que se esté atendiendo.

Desde el punto de vista académico, en las asignaturas de Producción I y Producción II, se les enseña a los estudiantes, las etapas de la Cadena de Suministro (Demanda, Control de las Existencias y Producción) de manera aislada; trayendo como consecuencia que el estudiantado no tenga una visión conjunta entre dichas etapas. A través de este trabajo se podrá lograr lo anterior y adicionalmente podrán saber como se simulan los mismos a través del Software Arena.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.

Ante todo lo expuesto en el planteamiento del problema surge la siguiente interrogante:

¿De qué manera se pueden proponer formas de producción para evaluar la satisfacción de la demanda sin necesidad de realizar modificaciones en los sistemas reales?



1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar modelos de simulación para evaluar el impacto de las políticas de producción en una organización manufacturera, ante los diferentes comportamientos de la demanda, con el fin de seleccionar la mejor configuración de la cadena suministro para producir.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar los diferentes comportamientos de demanda y las políticas de producción más comunes que existen en las organizaciones manufactureras, mediante el uso de teorías y conceptos básicos de sistemas productivos, para identificar las variantes de cada una de ellas.
- Definir las políticas de inventario presente en los procesos de manufactura y fijar una, para evaluarla en el sistema a estudiar.
- Determinar las variables y restricciones que permitan desarrollar los modelos de simulación que se adapten al sistema en estudio.
- Formular indicadores de gestión, que involucren variables de las políticas de producción y la demanda, para evaluarlas en el sistema de estudio.
- Desarrollar modelos de simulación que involucre diferentes escenarios de producción y demanda; y determinar la mejor configuración de producción para la satisfacción de la demanda.
- Verificar y validar los modelos planteados.
- Diseñar un manual de instrucciones para:



- Alimentar los modelos con la información necesaria para realizar la simulación.
- El manejo y la interpretación de los datos de salida de la simulación y así obtener los resultados de la simulación.
- Incorporar cambios que ocurran en el proceso para comprobar sus efectos en el proceso y la organización.

1.4. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.

El alcance del presente Trabajo Especial de Grado abarca la evaluación de las políticas de producción para la satisfacción de una demanda, seleccionando el mejor escenario de producción. Esto implica el análisis del proceso productivo desde las formas de producción, secuenciación de productos, políticas de inventario, entre otros, y la influencia que tienen éstos sobre los diferentes comportamientos de la demanda. Cabe destacar, que para dicho análisis se variarán las políticas de producción y se mantendrá fija una política de inventario, como se explicará más adelante.

A través del Software de Simulación (Arena), se presentarán los modelos del sistema de producción, así como el manual de instrucciones que permita apoyar los modelos. Además, para evaluar el comportamiento de dicho sistema se ejecutarán los modelos de acuerdo a un número de repeticiones establecidas.

Por otro lado, quedaría sujeto a otro estudio la implementación de este trabajo con la evaluación del impacto de las políticas de inventario para la satisfacción de la demanda de acuerdo a una política de producción definida.

Con esto se pretende buscar un adecuado escenario de producción que permita tomar decisiones con un alto grado de confiabilidad.



1.5. LIMITACIONES.

En la realización de este trabajo de investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- Los modelos de simulación a desarrollar, van a ser aplicable sólo a organizaciones manufactureras más no, a organizaciones de servicios.
- Debido a la gran diversidad de políticas de producción, no se van a estudiar todas ellas, sino las que tengan más aplicaciones en las organizaciones manufactureras.
- Las variables de entrada del sistema planteado, se obtendrán a partir de expertos académicos.
- Escasos recursos (computadoras) con los que cuenta el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial que posean la Licencia del Software Arena.
- Falta de dominio inicial del Software Arena, para la construcción de los modelos de simulación.

1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación a realizar tiene como finalidad principal encontrar el mejor escenario para producir de acuerdo a diferentes comportamientos de demanda. Y dependiendo de ellas, los resultados de las operaciones pueden variar considerablemente.

Para lograr esto, se acude al empleo de modelos de simulación que permitirán predecir el comportamiento idóneo del sistema, monitorear el desempeño del mismo y facilitar la toma de decisiones, permitiendo controlar la producción y las existencias. Además con la característica de que sea adaptable a



situaciones diversas y a cualquier sistema de producción de una organización manufacturera; pues se debe tomar en cuenta que las empresas sobreviven a medida que su capacidad de respuesta sea rápida.

Existen distintas políticas de producción que tienen comportamientos definidos, implementadas en las operaciones de manufacturas. Por otro lado, existen diferentes comportamientos de demandas definidas por el cliente, por la organización o una combinación de ellas, y que pueden variar en el tiempo.

A través de los modelos de simulación, se podrán evaluar cada uno de los escenarios de demanda con todas las políticas de producción consideradas en el estudio, mediante indicadores de gestión (definidos previamente). Y con esto, determinar la mejor forma de producir.

Una vez construidos los modelos de simulación, se podrán realizar modificaciones futuras de demandas con el fin de obtener el mismo resultado (el mejor escenario de producción). Es decir, dichos modelos van a hacer adaptables a diversas situaciones que se puedan presentar a través del tiempo.

Finalmente la realización de este Trabajo de Grado, representa un aporte tanto para las organizaciones manufactureras, como para la Comunidad Estudiantil, pues podrán analizar y visualizar las diferentes etapas de la Cadena de Suministro de manera conjunta. De igual manera, permitirá a sus autores afianzar conocimientos adquiridos en el área de Ingeniería Industrial como son: conocimientos estadísticos, de investigación de operaciones, simulación de sistemas, creación de modelos de simulación, entre otros; además cumplir con el último requisito académico exigido para la obtención del título de Ingeniero Industrial.



Una vez definido el planteamiento del problema y precisados los objetivos que determinan los fines de la investigación, se establecen los aspectos teóricos que sustentarán el estudio en cuestión. Adicionalmente, dentro del Marco Teórico se muestran las investigaciones elaboradas por otros autores (antecedentes) que sirven como guía para el desarrollo del estudio, así como, las bases de las diversas teorías y conceptos relativos a los sistemas productivos y la simulación de sistemas.

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

A continuación, se hace mención a las investigaciones que sirvieron como base para el desarrollo del estudio:

- **CALA y JIMÉNEZ (2006)**, llevaron a cabo un trabajo especial de grado en la Universidad de Carabobo, titulado “**Diseño de un Simulador para el Área de Pintura de una Empresa Ensambladora Automotriz (Caso: General Motors de Venezuela C.A.)**”, cuyo objetivo principal fue diseñar un programa para visualizar el proceso de pintado de unidades de todas las estaciones del Departamento de Pintura, a través de un modelo de simulación, donde dicho simulador cumplió con los requerimientos (de producción) reales y actuales de la empresa, tomando en cuenta aspectos tecnológicos, económicos y teóricos para el diseño del modelo. Este trabajo sirvió como modelo de referencia al marco teórico y como guía para el desarrollo de los modelos de simulación.
- **CORONEL y OROZCO (2006)**, llevaron a cabo un trabajo especial de grado en la Universidad de Carabobo, titulado “**Diseño de un Modelo de Simulación para Determinar el Numero de Secciones que se Deben Ofertar por Materia en un Semestre**”, cuyo objetivo general es diseñar un modelo de simulación que permita conocer el número de secciones que se necesitan de cada una de las asignaturas del pensúm de la Escuela de Ingeniería Industrial, a fin de cubrir la demanda de estudiantes de cada



semestre y que sirva como instrumento de planificación y control de los recursos que intervienen en el proceso, permitiendo ordenar todas las actividades. Este trabajo sirvió como modelo para la elaboración del marco metodológico y el marco de referencia, incluyendo las fases de la investigación. Además, como referencia para el desarrollo del manual de instrucciones de los modelos de simulación.

- **COLMENARES (2006)**, llevó a cabo un trabajo especial de grado en la Universidad de Carabobo, titulado "**Propuesta de Mejoras en el Sistema de Distribución de Productos (Caso: Pepsi-Cola C.A. Agencia Valencia)**". Se plantea la necesidad de reducir costos y mejorar la eficiencia en la utilización de vehículos en la empresa y para ello se hacen propuestas que involucran entre otras cosas, un sistema de indicadores de gestión y el ajuste del número de clientes visitados en el día en cada ruta. Se emplea el uso de un simulador de la situación actual del proceso de despacho de productos considerando todas las variables, permitiendo representar la situación actual y evaluar los cambios realizados en la misma. Este trabajo sirvió como referencia para el desarrollo de las fases de la investigación. Además, para el análisis de las salidas de los modelos de simulación.

- **GONZALEZ y OSORIO (2005)**, llevaron a cabo un trabajo especial de grado en la Universidad de Carabobo, titulado "**Incremento de la Disponibilidad en el uso de Montacargas en una planta de Alimentos (Caso: Mavesa Alimentos S.A.)**". El trabajo está referido al estudio de la disponibilidad y eficiencia del uso de los montacargas en la empresa Mavesa alimentos, con el fin de buscar la mejor utilización de los recursos implicados en el manejo de materiales, diseñando un sistema de evaluación que permite medir y diagnosticar la Gestión de la flota de montacargas. Este trabajo sirvió para la elaboración de las bases teóricas, el marco metodológico, incluyendo las fases de la investigación.



- **FERNÁNDEZ Y MARTÍNEZ (2007)**, llevaron a cabo un trabajo especial de grado en la Universidad de Carabobo, titulado **”Determinación del Número de Unidades de Transporte Necesarias para Satisfacer la Demanda de Estudiantes en las Rutas: Centro-UC y UC-Centro de la Universidad de Carabobo”**. El trabajo está referido al estudio de las Rutas Centro-UC y UC-Centro del sistema de transporte de la Universidad de Carabobo, con la finalidad de satisfacer de una mejor manera la demanda de estudiantes que se trasladan en dichas rutas, disminuyendo los tiempos en cola, la cantidad de estudiantes en cola y aumentando el nivel de servicio. Para ello, se emplea el uso del simulador, el cual representa la situación actual y la evaluación de los cambios del sistema en estudio. Adicionalmente, se presentan diferentes propuestas de mejora, con una combinación de autobuses distinta a la actual (4 Autobuses UC, 5 Autobuses Convenio en la mañana y 5 Autobuses Convenio en la tarde), la cual establece el uso de 11 Autobuses UC, 5 Autobuses Convenio en la mañana y 5 Autobuses Convenio en la tarde; permitiendo aumentar el nivel de servicio hasta un 90,56% y disminuyendo los tiempos en cola y la cantidad de estudiantes en cola en aproximadamente un 70%. Este trabajo de grado se utilizó como apoyo para la elaborar la estructura del presente trabajo, como guía para la construcción de los modelos de simulación, para la construcción de los diagramas de flujos y para el análisis de las salidas de los modelos de simulación.
- **NICOLAY, CRUZ Y SALORT (2006)**, llevaron a cabo un trabajo de Investigación en el Centro de Investigación y Gestión e Ingeniería de Producción, titulado: **”Planificación de la Demanda en la Gestión en la Cadena de Suministro con Redes Neuronales y Lógica Difusa”**. El trabajo esta referido a la previsión de la Gestión de la demanda en la Cadena de Suministro, en relación a la diferencia que pueda existir entre demanda prevista de un determinado horizonte y demanda real, cuya reducción es clave para evitar la generación de inventarios en exceso y/o alcanzar los niveles de servicios de los clientes que son los determinantes



del éxito de las empresas en el entorno actual del mercado. La metodología se basa en desarrollar un sistema de pronósticos de demanda basados en redes neuronales y lógica difusa para resolver los problemas de previsión de demanda en la Cadena de Suministro, mediante la integración de redes neuronales y las redes neuronales difusas. Y mediante esta metodología se pretende que el sistema aprenda de datos históricos para que cada vez mejore la respuesta deseada. Este trabajo de investigación se utilizó para la elaboración de las bases teóricas del sistema de demanda.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.2.1. Sistemas de Producción.

Según Shannon (1988), sistema *“es el conjunto de objetos e ideas que están interrelacionadas entre sí como una unidad para la consecución de un fin”*.

Según Tarifa (S/F) *“es una sección de la realidad que es el foco primario de un estudio y está compuesto de componentes que interactúan con otros de acuerdo a ciertas reglas dentro de una frontera identificada para el propósito del estudio”*.

En la realidad las empresas son sistemas completamente abiertos con sus respectivas dificultades. Las empresas importan recursos a través de sus entradas, procesan y transforman esos recursos y exportan el resultado de ese procesamiento y transformación de regreso al ambiente a través de sus salidas. La relación entradas/salidas indica la eficiencia del sistema.

Un sistema de producción es entonces la manera en que se lleva a cabo la entrada de las materias primas (que pueden ser materiales, información, etc.) así como el proceso dentro de la empresa para transformar los materiales y así obtener un producto terminado para la entrega de los mismos a los clientes o consumidores, teniendo en cuenta un control adecuado del mismo.



2.2.2. Programación.

Según Domínguez (1995). Es la etapa de la planificación, que precede a la producción propiamente dicha. Es la actividad que consiste en la fijación de planes y horarios de la producción, de acuerdo a la prioridad de la operación por realizar, determinado así su inicio y fin, para lograr el nivel más eficiente. La función principal de la programación de la producción consiste en lograr un movimiento uniforme y rítmico de los productos a través de las etapas de producción.

Adicionalmente, un programa de producción puede ser afectado por ciertos elementos propios del proceso, entre los cuales se tienen:

- ❖ **Materiales:** para cumplir con las fechas comprometidas para su entrega.
- ❖ **Capacidad del personal:** para mantener bajos costos al utilizarlo eficazmente, en ocasiones afecta la fecha de entrega.
- ❖ **Capacidad de producción de la maquinaria:** para tener una utilización adecuada de ellas, deben observarse las condiciones ambientales, especificaciones, calidad y cantidad de los materiales, la experiencia y capacidad de las operaciones en aquellas.
- ❖ **Sistemas de producción:** realizar un estudio y seleccionar el más adecuado, acorde con las necesidades de la empresa.

Según Tovar (1975). Programar es coordinar los tiempos de fabricación para la realización de las metas fijadas de producción. Es la determinación de cuando los trabajos deben ser procesados para cumplir con las fechas de completación previamente establecidas. Es la fase del planeamiento en la cual las actividades de producción son coordinadas y proyectadas sobre una escala de tiempo.



Toda empresa u organización debe tener en cuenta cinco (5) aspectos fundamentales que intervienen en el proceso de programación en detalle del trabajo:

- El tipo de producción que sigue la Empresa.
- La capacidad laboral y la capacidad instalada.
- El numero de trabajos a ser procesados y los criterios para programar.
- La presentación de alternativas para programar.
- Manejo de las prioridades.

2.2.3. Indicadores de Gestión.

Según Bittar (2006), los indicadores de gestión son “un instrumento de medición de las principales variables asociadas al cumplimiento de los objetivos y que a su vez constituyen una expresión cuantitativa y/o cualitativa de lo que se pretende alcanzar con un objetivo específico establecido”.

Lo que se busca con los indicadores de desempeño es ayudar o colaborar con los tipos de evaluación, a responder interrogantes claves sobre como se ha realizado una determinada intervención, si se han cumplido los objetivos, etc. En definitiva lo que se busca es ver en que magnitud fue eficiente y eficaz un organismo ejecutor, al implementar determinada intervención buscando cambiar una situación problemática inicial.

En base a lo expuesto anteriormente, se puede afirmar entonces que los indicadores deben estar formados por varios elementos muy importantes:

- ❖ La calidad y la utilidad del indicador, estarán determinadas por la claridad y relevancia de la meta que tiene asociada.
- ❖ El requisito fundamental para cualquier indicador es básicamente el establecimiento de los objetivos, metas, parámetros y puntos de referencia, es decir “lo que se va a medir”.
- ❖ El resultado de medir un indicador establece un valor de comparación, el cual está relacionado a alguna meta establecida y asociada. Esta meta asociada para la comparación puede ser una meta nueva



establecida o las cifras o características que se tomen de la “línea de base”.

- ❖ El indicador deberá medir solamente los aspectos claves, para lo cual es importantísimo establecer con claridad cual es el propósito del proyecto, así como también los objetivos más relevantes perseguidos por cada institución ejecutora.

Todo indicador de desempeño debe reunir ciertas características fundamentales, para poder llevar adelante con satisfacción su cometido. Según Bittar (2006), dichas características son las siguientes:

- ❖ **Deben ser objetivos:** cuando se habla de un indicador objetivo, se está haciendo referencia al indicador expresado en cantidad, calidad y tiempo. Estas cualidades que deben tener todo indicador son fundamentales para poder medir los distintos objetivos del informe narrativo.
- ❖ **Deben ser prácticos:** esto hace referencia a que los indicadores, como tienen que necesariamente ser utilizados para establecer comparaciones con distintos parámetros, tienen que ser fáciles de aplicar y de bajo costo.
- ❖ **Deben ser verificables:** esto significa claramente, que todo indicador debe poder ser corroborado o comprobado a través de un análisis racional, es decir por una metodología científica cualquiera sea la ciencia. Detrás de todo indicador sea este cuantitativo o cualitativo, existe un análisis o un estudio, cuyo resultado es precisamente el indicador utilizado.

Es muy importante que todos los indicadores utilizados tengan estas características citadas anteriormente, debido a que esto facilita enormemente la medición y control del objetivo; de otra forma sería difícil calibrarlos.

A continuación se muestran los indicadores de gestión que serán utilizados en el trabajo de estudio:

- **Capacidad Productiva:** esta relacionada con los niveles de producción que se pueden alcanzar con el uso adecuado de planta, los turnos de trabajo, materia prima, entre otros.



- **Satisfacción del Cliente:** está relacionada con la satisfacción del servicio que adquiere el cliente cuando solicita algún producto. Lo anterior se observará mientras no haya quiebre de inventario, es decir, cuando la cantidad en existencia sea mayor a la cantidad demandada.

Según Goncalves (2004). El nivel de satisfacción del cliente, también está referido a las percepciones (sensaciones, emociones, sentimientos) que tienen en su mente en cuanto al contacto personal, a la calidad del servicio prestado, a las expectativas del cliente, cuanto espera y cuanto recibe y que puntajes le da a lo que recibe. En estas evaluaciones hay que tener presente cuanto peso le da cada cliente a cada atributo.

2.2.4. Simulación de sistemas.

Según Carvajal (S/F), explica que la Simulación de Sistemas “es una ciencia de la Investigación de Operaciones que permite estudiar los sistemas y los problemas analizándolos experimentalmente, de forma equivalente a la actividad que se realiza en un laboratorio”.

2.2.5. Simulación.

Según Shannon (1998), “es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema”.

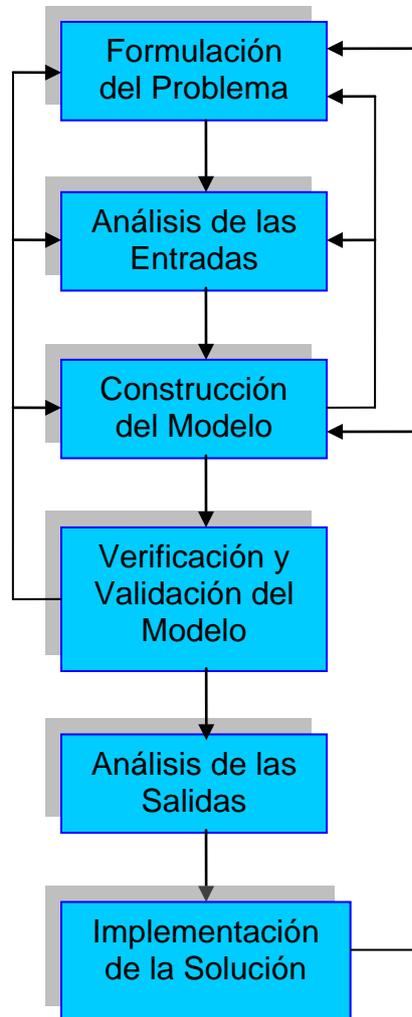


2.2.6. Pasos para realizar un Estudio de Simulación.

Según Law (1.991), en el desarrollo de una simulación se pueden distinguir los siguientes pasos, tal como se muestra en la figura N° 1:

- **Formulación del Problema:** en esta etapa se define el problema que se pretende estudiar y se plantean los objetivos.
- **Análisis de las Entradas:** es la identificación de los datos que el modelo requiere y reducción de estos a una forma adecuada.
- **Construcción del Modelo:** es construcción del modelo partiendo del modelo conceptual y los datos, con el propósito de entender, explicar o mejorar un sistema.
- **Verificación y Validación del Modelo:** es el proceso que tiene como objetivo determinar la habilidad que tiene un modelo para representar la realidad. La Verificación del modelo consiste en ver cuál es la consistencia interna del modelo. La Validación consiste en asegurar que existe correspondencia entre el sistema real y el modelo.
- **Análisis de las Salidas:** es la interpretación de las salidas del modelo, dichas salidas del modelo de simulación se consideran muestras, la cual debe ser representativa de acuerdo al comportamiento del sistema.
- **Implementación de la Solución:** consiste en analizar los resultados de la simulación, con la finalidad de detectar problemas y en recomendar mejoras o soluciones.

Figura Nº 1: Pasos para Realizar un Estudio de Simulación



Fuente: Elaboración Propia



En esta parte se sitúa el Marco Metodológico. El cual, dada las características del problema y los objetivos definidos al inicio, se introdujo, los procedimientos más apropiados para recopilar, presentar y analizar los datos, con la finalidad de cumplir con el propósito general de la investigación. En tal sentido, se desarrollarán importantes aspectos desde el tipo de investigación, el tipo de estudio y el diseño de la investigación, incorporados en relación a los objetivos establecidos, las técnicas e instrumentos que se emplearán en la recolección de la información y las características esenciales de los mismos. Así como, los métodos e instrumentos que se emplearán en la investigación planteada, las técnicas de análisis de la información que permitirán destacar las evidencias más significativas y las fases de la investigación.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Según Méndez (2001), el estudio exploratorio *“Tiene como finalidad la formulación de un problema para posibilitar una investigación más precisa o el desarrollo de una hipótesis, así como, aumentar la familiaridad del investigador con el fenómeno en estudio”*. De acuerdo a lo anterior, el estudio posee carácter exploratorio, ya que se busca identificar los elementos y características de las diferentes tipos de políticas de producción y demandas, que forman parte del sistema de producción de una organización. Así como, el estudio de fallas o variabilidades de situaciones en dicho sistema. Se pretende presentar y comprobar la relación entre las variables de investigación y el comportamiento del sistema en cada una de sus etapas.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

De acuerdo al problema planteado y en función de sus objetivos, se incorpora el tipo de investigación denominado Proyecto Factible y según la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (1980) *“consiste en una proposición sustentada en un Modelo Operativo factible, orientada a resolver un*



problema planteado o a satisfacer necesidades en una Institución o campo de interés nacional”.

En el trabajo de investigación se desarrollaron modelos de simulación, para evaluar el impacto de las políticas de producción en una organización manufacturera, que garantice un nivel de inventario, que logre el Justo Tiempo y satisfaga las necesidades de una demanda. Así mismo se apoyó en una investigación documental, pues requiere de la revisión bibliográfica para la sustentación teórica.

3.3. FUENTES DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

La recolección de datos se llevó a cabo mediante el uso de fuentes secundarias, ya que centra su atención en la observación y el análisis de la diversidad de fuentes documentales existentes (textos, manuales, tesis, etc.). Según Balestrini (1998) las fuentes secundarias *“son un área básica, donde se ha de coincidir, independientemente del tipo de investigación que se realice y de la implicación que ésta tenga con una rama de conocimiento específica”.*

En función de los objetivos definidos, donde se plantea evaluar el impacto de las políticas de producción en una organización manufacturera que garantice un nivel de inventario y satisfaga las necesidades de una demanda, ubicado dentro de la modalidad de los denominados Proyectos Factibles, se emplean una serie de técnicas de recolección de información, orientadas de manera esencial a alcanzar los fines propuestos. Para esta estrategia, necesariamente hay que cumplir con tres fases básicas, la primera de ellas, está referida con la delimitación de todos los aspectos teóricos de la investigación, vinculados a la: formulación y delimitación del problema de estudio, elaboración del marco metodológico, etc. La segunda, implica la realización de un diagnóstico relacionado con las formas de producción y las demandas existentes en una organización manufacturera; y la tercera etapa, está ligada al desarrollo del modelo de simulación del sistema planteado.



Para el análisis de las fuentes documentales se utilizó las técnicas de: observación documental y el resumen analítico. Para el análisis de las fuentes documentales, se utilizó la lectura general de los textos, se iniciará la búsqueda y observación de los hechos presentes en los materiales escritos consultados, que son de interés para esta investigación. Esta lectura inicial, fue a través de varias lecturas detenidas y rigurosas de los textos, a fin de captar sus planteamientos esenciales y aspectos lógicos de sus contenidos y propuestas, a propósito de extraer los datos bibliográficos útiles para el estudio que se está realizando. La técnica de resumen analítico, se incorpora para descubrir la estructura de los textos consultados y delimitar sus contenidos básicos en función de los datos que se precisan conocer. Dada la importancia de las técnicas anteriormente descritas, se emplearon muy especialmente, en todo lo relacionado con el desarrollo del momento teórico de la investigación.

3.4. FASES DE LA INVESTIGACIÓN.

Para cumplir con los objetivos planteados, el estudio se llevará a cabo la siguiente manera:

Fase 1: Diagnóstico.

- Revisión bibliográfica relacionada con las diferentes políticas de producción, simulación, demanda, etc. El cual se recopiló a través de la información necesaria para entender el sistema que se va a modelar y el enfoque bajo el cual debe analizarse.
- Delimitación del problema: en esta parte se dio a conocer el problema en estudio, el cual está contenido en el planteamiento del problema.



Fase 2: Definición de las variables del problema.

- En esta etapa se estudiaron y analizaron las variables generales que permitan construir los modelos y que se puedan adaptar al sistema en estudio. El cual, fueron parte de los datos de entrada y por tratarse este trabajo de una investigación teórica, se recurrió a expertos académicos, para la orientación acerca de la recolección de los mismos.

Fase 3: Construcción de los modelos.

- Construcción de los diagramas de flujo del proceso: en esta sección, se diseñaron los diagramas de flujo para cada una de los escenarios producción. Esto, con la finalidad de tener una visión clara de todos los parámetros para cada política de producción (cuanto produzco, que produzco, en que orden produzco, entre otros).
- Construcción de los modelos de simulación: una vez analizado de todas las variables para cada una política de producción y la demanda, se procede a transformar los diagramas de flujo a los modelos de simulación. Para esto se utilizó el Software Arena.

Fase 4: Verificación y Validación de los Modelos de Simulación.

En esta fase, se comprobó el funcionamiento y validez del modelo obtenido en la fase anterior, y se verificó si los modelos construidos se ajustan o no a la representación real del sistema.

Fase 5: Análisis de los resultados obtenidos.

En esta fase se recopilan y analizan los resultados obtenidos de las aplicaciones de la fase anterior, utilizando indicadores de gestión (capacidad productiva y satisfacción del cliente), tablas de resultados y graficas. Además, se



mostraron las conclusiones y recomendaciones acerca del mejor escenario de producción para una demanda en particular. Cumpliendo así, con el objetivo general planteado en la investigación.

Fase 6: Construcción del Manual de Instrucciones.

Una vez construido los modelos y comprobado su funcionamiento mediante las aplicaciones realizadas, se concreta la metodología a plantear con la elaboración del manual de instrucciones para emplear los modelos. Este manual incluye: instrucciones para alimentar el modelo con las variables de entrada y correr la simulación, instrucciones para interpretar y analizar las variables de salida e instrucciones para incorporar cambios al proceso si se quiere observar su comportamiento.



En esta sección se explica las diferentes actividades que forman parte de los escenarios considerados en el estudio. Los mismos conforman una serie de procesos o factores, que son parte esencial en la construcción de dichos escenarios. Adicionalmente se explicarán los diagramas de flujos, el cual brindará la comprensión de los escenarios que incluyen los submodelos de demanda, producción y fallas.

4.1. ACTIVIDADES A SIMULAR.

Según Jeong, Jung y Park (2002) *“la cadena de suministro consta de tres (3) etapas: Proveedor (incluye las actividades del material que se necesita para fabricar los productos), Producción (incluye las actividades de calidad del producto y del procesos, volumen de producción, fallas mecánicas) y Distribución (incluye la demanda y satisfacción del cliente). Éstas a su vez constan de tres entidades: vendedor, productor y clientes, los cuales inician y ejercen esfuerzos en cada etapa correspondiente. Sin embargo, las empresas necesitan llevar un control en cada etapa, y de esta manera, evitar no sólo exceso de inventarios sino clientes insatisfechos a los que no les podemos servir”*.

De lo anterior, las etapas más importantes que forman parte de la Cadena de Suministro, son: Demanda, Inventarios y Producción. Adicionalmente, dentro del sistema se pueden presentar una serie de eventos, que pueden interrumpir el buen desenvolvimiento del sistema productivo, trayendo como consecuencia, paradas de línea, productos defectuosos, etc.

Aunque muchas actividades y diversas funciones se incluyen en cada etapa de la Cadena de Suministro, este estudio pretende enfocarse a las actividades de Demanda, Producción y las Fallas (eventos interrumpidos). Para este trabajo, dichas variables fueron llamadas “Submodelos”. Quedando así de la siguiente manera:



- ❖ Submodelos de Demanda.
- ❖ Submodelos de Producción.
- ❖ Submodelos de Fallas.

De igual manera, en cada uno de los Submodelos mencionados, se presentan una serie de casos, que afectan al cliente de manera satisfactoria o insatisfactoria. Y que forman parte del comportamiento del sistema en estudio.

4.1.1. Submodelos de Demanda

Según Mena, Cruz Lario y Vicens (2006), considera la demanda como “*el conjunto o cantidad de bienes o servicios que los consumidores están dispuestos a adquirir a un nivel de precios*”.

La determinación de dicha demanda, es parte esencial en la gestión de la cadena de suministros, ya que ayuda, por un lado, a determinar los precios de venta y por otro, los cálculos de costos de producción, de materia prima, entre otros. Resultando así, mantener los niveles más bajos de inventario y/o alcanzar los niveles de servicio de los clientes, que son determinantes del éxito de las organizaciones en el entorno actual del mercado.

Es por ello, que los procesos de las organizaciones manufactureras, depende en términos generales de cuando y cuanto demanden o pidan los clientes. Y de acuerdo a esa cantidad demandada, se considera éste, como un lote grande o un lote pequeño. Cada uno con un tipo de entrega (inmediata o programada) y con un tiempo de entrega que, en su mayoría, lo decide el cliente.

Entre los casos que se estudiaron para la configuración de los Submodelos de Demanda y que forman parte del sistema de demanda, se tienen:

- ❖ **Caso 1:** en este se presentan dos (2) situaciones:

1) Cuando el cliente, al momento de solicitar el producto, se le puede hacer la venta inmediata del mismo y,



2) Cuando el cliente, al momento de solicitar el producto, no se le puede hacer la venta inmediata del mismo, por no existir éste, en el almacén.

Estas situaciones se simularán a través de un Submodelo de Demanda denominado “**Venta Inmediata o Perdida**”.

❖ **Caso 2:** en este se presentan tres (3) situaciones:

1) Cuando el cliente, al momento de solicitar el producto, se le puede hacer la venta inmediata del mismo,

2) Cuando el cliente, al momento de solicitar el producto, no se le puede hacer la venta inmediata del mismo, por no existir la cantidad solicitada en almacén. Sin embargo, la empresa, llega a un arreglo con el cliente, de entregarle lo que se tiene en almacén (venta parcial o Back Order) y el resto será entregado a una fecha acordada entre las partes y,

3) La venta perdida, cuando el cliente decide no aceptar lo que se tiene en almacén.

Estas situaciones se simularán a través de un Submodelo de Demanda denominado “**Venta Inmediata Total o Parcial (Back Order)**”.

❖ **Caso 3:** en este se presentan cuatro (3) situaciones:

1) Cuando el cliente, al momento de solicitar el producto, se le puede hacer la venta inmediata del mismo,

2) Cuando el cliente, al momento de solicitar el producto, no se le puede hacer la venta inmediata, por no existir la cantidad solicitada en almacén, y éste decide regresar otro día (venta diferida),



4) La venta perdida, cuando el cliente decide no aceptar lo que se tiene en almacén.

Estas situaciones se simularán a través de un Submodelo de Demanda denominado “**Venta Inmediata o Diferida**”.

- ❖ **Caso 4:** en este escenario, el cliente solicita la cantidad del pedido y el tiempo en el cual desea que le entreguen el mismo. Para este caso la empresa trabaja contrapedido.

Estas situaciones se simularán a través de un Submodelo de Demanda denominado “**Venta Programada**”.

Una vez explicados los diferentes casos de los Submodelos de Demanda, a continuación se describen los procesos o factores, involucrados en dichas casos:

A. Llegada de los Clientes.

Según García (S/F) un cliente “*es quien demanda los productos y servicios que las empresas ofrecen y por lo que consiguen consolidarse en el mercado*”.

La llegada de los clientes está relacionada con la necesidad de adquirir uno o más productos. Donde cada uno de estos clientes, tienen características propias que definen su comportamiento, de acuerdo al servicio que se les presten. Adicionalmente, existen variables que están ligadas con la llegada de los clientes, como son:

- ❖ **La Frecuencia:** definida como la cantidad de veces que el cliente solicita un determinado producto. Por ejemplo: cada 10 minutos llegan clientes al Restaurante de comida rápida.
- ❖ **El horario de Solicitud del Producto:** es el período bajo el cual el cliente puede solicitar y comprar los productos. Esto depende de las jornadas o turnos de trabajo bajo los cuales trabajan las organizaciones, y que el



cliente debe ajustarse para poder ser atendido. Por ejemplo, una tienda de ropa, por lo general, atiende en un horario comprendido entre las 9am y las 7pm, una empresa ensambladora puede atender en el lapso de 8am a 4:30pm, entre otros.

- ❖ **Grupos:** es la cantidad de clientes que realizan o emiten la compra de un determinado producto en un instante de tiempo. Por ejemplo: para el Juego de Béisbol, un cliente compra entradas para seis (6) personas.

Por lo general, las empresas u organizaciones que ya tienen cierto tiempo en el mercado suelen tener una amplia variedad de clientes, por ejemplo, de compra frecuente, de compra ocasional, de altos volúmenes de compra, etc.

Según Thompson (2006), una empresa u organización tiene dos tipos de clientes:

- ❖ **Clientes Actuales:** Son aquellos (personas, empresas u organizaciones) que le hacen compras a la empresa de forma periódica o que lo hicieron en una fecha reciente. Este tipo de clientes es el que genera el volumen de ventas actual, por tanto, es la fuente de los ingresos que percibe la empresa en la actualidad y es la que le permite tener una determinada participación en el mercado.
- ❖ **Clientes Potenciales:** Son aquellos (personas, empresas u organizaciones) que no le realizan compras a la empresa en la actualidad pero que son visualizados como posibles clientes en el futuro porque tienen la disposición necesaria, el poder de compra y la autoridad para comprar. Este tipo de clientes es el que podría dar lugar a un determinado volumen de ventas en el futuro (a corto, mediano o largo plazo) y por tanto, se les puede considerar como la fuente de ingresos futuros.

La llegada de los clientes para el sistema que se estudia, está dada por el tiempo entre llegada de dichos clientes. Para efectos de este trabajo, la distribución de probabilidades a la cual se ingresará será una distribución Normal de media 210 minutos y desviación estándar de 5 minutos (ver tabla N° 1). De



igual manera, esta variable esta sujeta a cambios de acuerdo a lo establecido por el usuario.

B. Porcentaje de Demanda de los Productos.

Representa una medida porcentual de la cantidad de clientes que desean comprar un tipo de producto. Por lo tanto, para la definición de este porcentaje, es necesario conocer los tipos de productos que se fabrican en la organización, la demanda de los productos y la demanda total solicitada.

Para efectos de este trabajo, se considerarán valores porcentuales arbitrarios para cada uno de los productos definidos en el sistema de estudio (A, B y C). Dichos porcentajes serán distribuidos de la siguiente manera: el 45% de los clientes compran producto A, el 30% producto B y el resto producto C (ver tabla N° 1). Estas a su vez, estarán sujetas a cambios de acuerdo a lo establecido por el usuario.

C. Definición del Pedido.

Un pedido se define cuando el cliente lo solicita o emite, generando la demanda de un producto. Las organizaciones tienen diferentes formas para definir el pedido, entre ellas se tienen:

- ❖ Con fuentes de datos históricos (pronósticos), mediante diferentes herramientas estadísticas (cualitativos o cuantitativos).

Los pronósticos según Fildes y Hastings (1995) *“es una de las actividades más importantes para mejorar la productividad y mejorar la calidad en toda una función organizacional porque la mayor parte de los resultados de los pronósticos son muy influyentes en la toma de decisiones de expertos y en el evalúo del desarrollo de la empresa. Es por ello, que en muchas ocasiones son utilizados como*



instrumentos de diagnósticos para identificar las deformaciones potenciales en actividades organizacionales”.

Las técnicas cualitativas se utilizan cuando los datos son escasos, por ejemplo cuando se introduce un producto nuevo al mercado. Estas técnicas usan el criterio de la persona y ciertas relaciones para transformar información cualitativas en estimados cuantitativos. Las técnicas cuantitativas son análisis de series de tiempos, el cual consiste en encontrar el patrón del pasado y proyectarlo al futuro.

Según Meyer, Chase y Florance (1993) *“los métodos de pronósticos convencionales, utilizan diferentes factores o datos de series temporales para determinar el pronóstico”.*

- ❖ Un pedido emitido por un cliente (el cual lo pudo hacer vía telefónica, vía electrónica o personalmente).

Adicionalmente, al emitirse un pedido, se precisa la cantidad de producto que solicitó el cliente, así como, la forma como será entregado (inmediato, parcial, entre otros). Sin duda, la colaboración de los clientes, reduce la incertidumbre de la demanda, siendo una fuente directa para su cálculo.

En resumen, según Ganser (S/F) aumentar la capacidad de producción sin conocer como se mueve el mercado y sin estudiar las expectativas de los clientes, es trabajar a ciegas y es depender de la suerte que el futuro nos depara. Se debe entonces, que contar con pronósticos, perspectivas, análisis estadísticos y por sobre todo, datos del mercado al cual apuntamos y al que queremos alcanzar y/o mantener.

La forma que se utilizará para definir un pedido en el sistema de estudio, será través de un **Pedido realizado por un Cliente.**

La definición del pedido, será la cantidad en unidades del pedido solicitado por el cliente, en otras palabras, es la demanda del producto. Y habrá una demanda,



para cada tipo de producto que se fabrique en la organización. Para efectos de este trabajo, se considerarán tres (3) valores de demanda, una para cada tipo de producto (denominadas Demanda A, Demanda B y Demanda C) y la distribución de probabilidades a la cual se ajustan estas variables fueron: para la demanda de A una distribución Uniforme de parámetros 50 y 90 unidades; para la demanda de B una distribución Uniforme de parámetros 35 y 60 unidades; para la demanda de C una distribución Uniforme de parámetros 15 y 40 unidades (ver tabla N° 1). Dichas variables mencionadas anteriormente, están sujeta a cambios de acuerdo a lo establecido por el usuario.

D. Verificación de Existencia del Producto.

Representa la comparación del inventario respecto a la demanda solicitada por el cliente, con el fin de chequear si existe la cantidad demanda para satisfacer al cliente de inmediato.

Según Acevedo (S/F) los inventarios *“son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización. Los inventarios comprenden, además de las materias primas, productos en proceso y productos terminados o mercancías para la venta, los materiales, repuestos y accesorios para ser consumidos en la producción de bienes fabricados para la venta o en la prestación de servicios; empaques y envases y los inventarios en tránsito”*.

Con el inventario, se permite ganar tiempo ya que ni la producción ni la entrega puede ser instantánea. Es por ello, que se debe contar con existencia del producto a las cuales se puede recurrir rápidamente para que la venta real no tenga que esperar hasta que termine el cargo proceso de producción. Esto permite hacer frente a la competencia, pues si la empresa no satisface la demanda del cliente, éste se puede ir con la competencia. Esto hace que la empresa no solo almacene inventario suficiente para satisfacer la demanda que se espera, si no una cantidad adicional para satisfacer la demanda inesperada.



El inventario permite reducir los costos que da lugar a la falta de continuidad en el proceso de producción. Además de ser una protección contra los aumentos de precios, contra la escasez de materia prima y de esta forma afrontar la demanda.

Algunas empresas consideran que no deberían mantener ningún tipo de inventario, porque mientras los productos se encuentran en almacenamiento no generan rendimiento y deben ser financiados. Sin embargo es necesario mantener algún tipo de inventario porque:

- La demanda no se puede pronosticar con certeza.
- Se requiere de un cierto tiempo para convertir un producto de tal manera que se pueda vender.

Para efectos de este trabajo, la verificación de las existencias se observará en todos los escenarios, excepto en los escenarios 7 y 8, pues en ellos no existen inventarios por ser una producción contrapedido. Para los escenarios que aplique, la verificación de las existencias se hará a través del inventario a la mano, comparando el valor de éste con el valor de la demanda solicitada por el cliente. Si el valor del inventario a la mano es mayor a lo que solicita el cliente, se produce la venta. En caso contrario, el cliente puede irse, volver después, etc.

E. Tipo de Entrega del Producto.

El tipo de entrega representa la manera como el cliente desea que le entreguen el pedido una vez emitido y definido su cantidad. Y va a depender de la necesidad que tenga el cliente para establecer el tipo de entrega. De la misma manera, habrá clientes que definen más un tipo que otro. Y que la organización de acuerdo a su sistema de producción estará dispuesta a satisfacer. Entre las formas de entrega de los pedidos, se tienen:

- ❖ **Programada:** cuando el cliente emite el pedido especificando un tiempo de entrega, con la posterior espera para su entrega.



- ❖ **Inmediata:** cuando el cliente realiza la compra y se le entrega de forma instantánea.

Para efectos de este trabajo, se considerarán ambos casos (programada e inmediata). Y la elección de una u otra para la entrega en el sistema, será a través de valores porcentuales definidos arbitrariamente. Dichos porcentajes tendrán la misma probabilidad de ocurrencia (50% y 50%), debido a lo subjetivo de esta decisión. De igual manera, estarán sujetas a cambios de acuerdo a lo establecido por el usuario.

F. Ventas.

Según Thompson (2006) la venta *“es una de las actividades más pretendidas por empresas, organizaciones o personas que ofrecen algo (productos, servicios u otros) en su mercado meta, debido a que su éxito depende directamente de la cantidad de veces que realicen ésta actividad, de lo bien que lo hagan y de cuán rentable les resulte hacerlo”*.

Según La American Marketing Association (S/F) la venta *“es el proceso personal o impersonal por el que el vendedor comprueba, activa y satisface las necesidades del comprador para el mutuo y continuo beneficio de ambos (del vendedor y el comprador)”*.

Existen distintos tipos de venta, que son indicativos de satisfacción e insatisfacción para los clientes. Esto dependerá de la existencia o no de Inventario para la satisfacción de la demanda del producto solicitado.

De acuerdo a lo anterior, existirán diferentes tipos de ventas y para este trabajo se van a estudiar las siguientes:

- ❖ **Venta Inmediata:** se produce cuando se tiene la cantidad del producto solicitado por el cliente, adquiriéndolo este de inmediata.



Cuando ocurre esto, los clientes se le suele llamar “Clientes Complacidos”, pues son aquellos que recibieron la cantidad solicitada y en el momento oportuno. Según Kotler (1999), *“el estar complacido genera una afinidad emocional con la marca, no solo una preferencia racional, y esto da lugar a una gran lealtad de los consumidores. Por lo tanto, para mantener a éstos clientes en ese nivel de satisfacción, se debe superar la oferta que se les hace, mediante un servicio personalizado que los sorprenda cada vez que hacen una adquisición”*.

- ❖ **Venta Incompleta:** también se define como las ventas retrasadas y se produce cuando el cliente acepta solo lo que se tiene en existencias (Back Order) y decide no completar su pedido, por no querer esperar.
- ❖ **Venta Pérdida:** se origina cuando el cliente, no acepta esperar por la producción de su pedido (venta programada), ni aceptar la cantidad que se tiene en existencia (Back Order).

Según Kotler (1999), a estos clientes se les suele llamar Clientes Insatisfechos, pues *“son aquellos que no recibieron la cantidad solicitada al instante. Si se quiere recuperar la confianza de éstos clientes, se necesita hacer una investigación profunda de las causas que generaron su insatisfacción para luego realizar las correcciones que sean necesarias. Por lo general, este tipo de acciones son muy costosas porque tienen que cambiar una percepción que ya se encuentra arraigada en el consciente y subconsciente de este tipo de clientes”*.

En la tabla N° 1, se resume algunas de las variables de entrada de los factores del Submodelo de Demanda mencionados anteriormente, con sus respectivos valores y unidades de medición:



Tabla N° 1: Variables de Entrada del Submodelo de Demanda.

| Variable | Significado | Valor | Unidad |
|---------------------------------------|---|---|----------|
| Tiempo entre llegadas de los clientes | Proporcionar el tiempo que existe entre las llegadas de los clientes. | Normal(210,5) | minutos |
| Demanda | Define la cantidad demandada por cada cliente. | A: Uniforme (50,90) B: Uniforme (35,60) C: Uniforme (15,40) | unidades |
| Tipo de Producto | Define el porcentaje de clientes que compran un tipo de producto. | A: 45 B: 30 C: 25 | % |

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Submodelo de Producción.

En un sistema de producción, los pedidos han de pasar por los diferentes centros de trabajos. Es por ello, que al llegar un pedido a un centro de trabajo puede encontrarlo ocupado con otro pedido (produciéndose colas de espera) o, por el contrario, el centro de trabajo puede terminar un lote antes de que llegue el siguiente (con lo que existirán tiempos ociosos).

Dentro de este recorrido existe una prioridad entre los pedidos marcada por unas reglas de prioridad definidas por la organización, además de una secuencia de fabricación que hay que respetar y que viene dada por dichas reglas de prioridad.

Según Chauvel (2002) *“la secuencia de fabricación es el orden en el cual serán fabricados los diferentes productos, de tal forma de buscar la secuencia óptima cumpliendo diferentes objetivos, tales como: la inexistencia de tiempos muertos de fabricación, reducción de tiempo de cambio y ajuste de máquinas, anulación de retrasos, etc., teniendo en cuenta las restricciones propias de cada*



fábrica como: la velocidad de proceso de las máquinas, capacidad de recursos humanos y materiales. En muchas ocasiones los responsables de producción se encuentran con el problema de decidir la secuencia óptima de fabricación de una o varias líneas de productos”.

Según Domínguez, Álvarez, García, y Ruiz (1995) mencionan que “la secuenciación de los pedidos se puede realizar de dos formas; la primera, secuenciación en una sola máquina, y la segunda, secuenciación en varias máquinas; donde en cada una, existen diferentes reglas para programar el orden de entrada de los diferentes pedidos”. El cual se resume en la tabla N° 2:

Tabla N° 2: Secuenciación en una o varias máquinas.

| Secuenciación | Regla |
|-----------------|----------------------|
| Una máquina | Reglas estáticas |
| | Reglas dinámicas |
| Varias máquinas | Regla de Johnson N/2 |
| | Regla de Johnson N/3 |
| | Método de Bera |

Fuente: Domínguez, Álvarez, García y Ruiz.

Donde:

N/2: número de pedidos a producir (N) utilizando 2 máquinas.

N/3: número de pedidos a producir (N) utilizando 3 máquinas.

Para la secuenciación en una sola máquina, según Domínguez, Álvarez, García y Ruiz (1995) “se establece una regla basada en un factor numérico o razón que determinará el orden de entrada de los pedidos. Estas reglas de prioridad pueden ser estáticas o dinámicas”.

- **Las reglas estáticas** buscan seleccionar un orden de entrada de los pedidos, mediante un indicador numérico, el cual no se compara con el tiempo, sino que depende de la regla de prioridad seleccionada. El cual se resume en la tabla N° 3:



Tabla N° 3: Reglas Estáticas de Prioridad.

| Regla | Descripción |
|-------|--|
| PEPS | Primero en entrar, primero en salir |
| UEPS | Último en entrar, primero en salir |
| SPT | Menor tiempo de proceso (Short process time) |
| LPT | Mayor tiempo de proceso (long process time) |
| EDD | Fecha de entrega más próxima (Earliest Due date) |
| SP | Menor tiempo de holgura (Slack time) |

Fuente: Domínguez, Álvarez, García y Ruiz.

González, Ojeda y Giraldo (2004) explican los distintos tipos de reglas, para determinar la prioridad de trabajos secuenciales en un centro de trabajo:

- ❖ FCFS (primero en llegar primero en ser atendido): Secuencia de fabricación en función de la entrada de materia prima para procesar el pedido, es decir, la primera tarea en llegar será la primera en realizarse, no se tiene en cuenta el plazo de entrega ni la urgencia del trabajo a realizar.
- ❖ SPT (menor tiempo de procesamiento): Secuencia de fabricación en función del mínimo tiempo de procesamiento necesario para fabricar el producto.
- ❖ LPT (mayor tiempo de procesamiento): Secuencia de fabricación en función del máximo tiempo de procesamiento necesario para fabricar el producto.
- ❖ EDD (fecha de entrega más próxima): Secuencia de fabricación en función de la fecha en la cual solicita el cliente el pedido, es decir, asigna mayor prioridad a los trabajos con fecha de entrega más cercana.
- ❖ LS (tiempo remanente): se le asigna la mayor prioridad a la tarea con menor tiempo de holgura.
- ❖ Tiempo de holgura: es el tiempo entre la fecha de entrega menos tiempo de abastecimiento restante.



- ❖ LSPO (tiempo remanente por operación): se asigna la mayor prioridad a la tarea con el menor resultado que se obtiene al dividir el tiempo remanente por el número de operaciones restantes.
- **Entre reglas dinámicas de prioridad**, se encuentran el ROT (run out time) ó tiempo de agotamiento y la RC (razón crítica).
- ❖ ROT o tiempo de agotamiento, permite establecer los días restantes de un producto con respecto a su inventario y a la tasa de consumo (dada en unidades por días), la cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$ROT = \frac{\text{inventario_existente_del_producto_i}}{\text{tasa_de_consumo_del_producto_i}}$$

Se seleccionará el producto con el tiempo de agotamiento más cercano y éste será el primer producto en ser procesado en el sistema, como se ilustra en el ejemplo de la tabla N° 4, en el cual el producto A tiene el menor ROT y por ende tendrá mayor prioridad.

Tabla N° 4: Ejemplo de la Regla de Prioridad ROT.

| Producto | Inventario en existencia (unidades) | Tasa de Consumo (unidades) | ROT (días) | Prioridad (Adm.) |
|----------|-------------------------------------|----------------------------|------------|------------------|
| A | 300 | 100 | 3 | 1 |
| B | 400 | 20 | 20 | 5 |
| C | 100 | 10 | 10 | 4 |
| D | 200 | 50 | 4 | 3 |
| E | 100 | 30 | 3.33 | 2 |

Fuente: Domínguez, Álvarez, García y Ruiz.

- ❖ La razón crítica (RC), es igual al cociente entre el tiempo disponible para cumplir el pedido y el tiempo necesario de manufactura; se calcula con la siguiente fórmula:



$$RC = \frac{\text{tiempo_disponible_para_cumplir_el_pedido_i}}{\text{tiempo_necesario_de_manufactura_de_i}}$$

El tiempo disponible para cumplir el pedido, es la cantidad de días faltantes para la entrega por el número de horas trabajadas por día en la empresa, y el tiempo de manufactura es el número de unidades faltantes por el tiempo de manufactura por unidad. Según el valor numérico obtenido al calcular la razón crítica pueden ocurrir los siguientes casos:

- Cuando $RC = 1$, el pedido está a tiempo.
- Cuando $RC < 1$, el pedido está atrasado.
- Cuando $RC > 1$, el pedido está adelantado.

En cualquiera de los casos la prioridad la tendrá el pedido con el menor RC, como se puede observar en el ejemplo de la tabla N° 5; para este caso se supone que se empieza a partir del día 22 y se trabajan ocho horas al día.

Tabla N° 5: Ejemplo de la Regla de Prioridad RC.

| Producto | Fecha de Entrega (días) | Unidades Faltantes (unidades) | tiempo de Manufactura (días) | Días para la entrega (días) | RC (Adm.) | Prioridad (Adm.) |
|----------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------|------------------|
| A | 25 | 50 | 1 | 3 | 0,48 | 3 |
| B | 26 | 100 | 0,5 | 4 | 0,64 | 4 |
| C | 24 | 60 | 1,5 | 2 | 0,18 | 2 |
| D | 27 | 150 | 0,2 | 5 | 1,33 | 5 |
| E | 23 | 150 | 0,4 | 1 | 0,13 | 1 |

Fuente: Domínguez, Álvarez, García y Ruiz.

Para la secuenciación en varias máquinas, según Domínguez, Álvarez, García y Ruiz (1995), "el orden de entrada de los pedidos influye considerablemente en el tiempo total de procesamiento de todos los pedidos



existentes, ya que dependiendo del orden de entrada de los pedidos habrán mayores o menores tiempos de espera y ociosos”.

Para este tipo de secuenciación, se desarrolló un algoritmo de aplicación de la Regla de Johnson, para sistemas de n pedidos en dos y tres máquinas ($N/2$ y $N/3$) (desarrollada en 1954 por S.M. Johnson) y el Método de Bera, para sistemas de n pedidos en m máquinas (N/M).

Según Domínguez, Álvarez, García y Ruiz (1995), “las reglas seleccionadas pueden ejercer un efecto importante en el desempeño global del sistema. Pues la cantidad de clientes en la fila, el tiempo de espera promedio, el rango de variabilidad en el tiempo de espera y la eficiencia de las instalaciones de servicio son apenas algunos de los factores que se ven afectados por la selección de dichas reglas de prioridad”.

Según Acevedo (S/F) “el jefe del departamento de producción debe tomar decisiones concernientes a la manera de distribuir la capacidad productiva, de acuerdo a la demanda y la política de inventarios”. Adicionalmente, es necesario determinar el número de cada componente (materia prima, Partes compradas, partes fabricadas) que se necesitan para las cantidades de cada producto que se desean fabricar. El número de unidades de cada componente que debe fabricarse o comprarse debido a existencia disponible no asignada, ordenes pendientes en producción y de compras y un inventario final deseado en este periodo. Todo inventario representa un costo en cualquier empresa por eso los costos son una parte fundamental de controlar y evaluar dentro del proceso de administración de inventario”.

De igual manera, la organización debe tener claro cuál es el proceso para reducir el tiempo de fabricación de los productos, ya que el futuro de las empresas depende de la rapidez y el éxito para vender nuevos productos en mercados existentes o nuevos, y en consecuencia, de la adecuación de su cadena de suministro a tal efecto.



Las formas de producción de una empresa dependen de la configuración de su sistema. El cual se divide en: fabricación para almacenar (MTS), fabricación bajo pedido (MTO) o ambas inclusive. Estos se basan en la relación con la demanda y en el tiempo que requiere la producción.

❖ **Producción Bajo Pedido (MTO).**

Según Wanker (S/F) *“es el utilizado por la empresa que produce solamente después de haber recibido un encargo o pedido de sus productos. Sólo después del contrato la empresa lo elabora. Cada pedido de cliente tiene asignada una fecha de entrega, lo que le permite al sistema identificar las prioridades de la fabricación (que hay que fabricar primero, en la línea de producción)”*.

❖ **Producción Continua (MTS).**

Según Wanker (S/F) *“es sistema empleado por las organizaciones que producen un determinado producto, sin cambios, por un largo período. El ritmo de producción es acelerado y las operaciones se ejecutan sin interrupción. Como el producto es el mismo, el proceso de producción no sufre cambios seguidos y puede ser perfeccionado continuamente”*.

Este tipo de producción es aquel donde el contenido de trabajo del producto aumenta en forma continua. Es aquella donde el procesamiento de material es continuo y progresivo. La operación continua significa que al terminar el trabajo determinado en cada operación, la unidad pasa a la siguiente etapa de trabajo sin esperar todo el trabajo en el lote.

Entre los casos que se estudiarán para la configuración de los Submodelos de Producción y que formarán parte del sistema de producción, se tienen:

- ❖ **Caso 1:** en este caso, la forma de fabricación de los productos será continua, con la característica que se producirá primero el que tenga el menor tiempo de entrega.



Esta situación se simulará a través de un Submodelo de Producción denominado **“Producción continua usando menor tiempo de entrega”**.

- ❖ **Caso 2:** en este caso, la forma de fabricación de los productos será continua, con la característica que se producirá de acuerdo al orden de compra de los clientes.

Esta situación se simulará a través de un Submodelo de Producción denominado **“Producción continua usando FIFO (primero en llegar primero en ser atendido)”**.

- ❖ **Caso 3:** en este caso, la forma de fabricación de los productos será contrapedido, con la característica que se producirá primero el que tenga el menor tiempo de entrega.

Esta situación se simulará a través de un Submodelo de Producción denominado **“Producción bajo pedido usando menor tiempo de entrega”**.

- ❖ **Caso 4:** en este caso, la forma de fabricación de los productos será contrapedido, con la característica que se producirá de acuerdo al orden de compra de los clientes.

Esta situación se simulará a través de un Submodelo de Producción denominado **“Producción bajo pedido usando FIFO (primero en llegar primero en ser atendido)”**.

Una vez mencionados los diferentes casos de los Submodelos de Producción, a continuación se describen los procesos o factores, involucrados en dichos casos:



A. Fabricación del Pedido considerando Reglas de Prioridad.

En la vida real, la fabricación de ciertos productos conlleva a situaciones donde el número de tareas excede el número de centros de trabajo, como resultado se obtiene una cola con procesos pendientes. Es por ello, la importancia de determinar el orden en el cual se llevarán a cabo dichos procesos.

Existen distintos tipos de reglas para determinar la prioridad para trabajos secuenciales, para este trabajo, se van a estudiar los dos (2) tipos más frecuentes en las organizaciones:

- ❖ Primero en entrar, primero en salir (FIFO).
- ❖ Menor Tiempo de Entrega.

B. Lotes Grandes y Lotes Pequeños.

Existen múltiples clasificaciones de las configuraciones productivas propuestas por los diferentes autores. En este sentido (Woodward ,1965), *“propuso una primera clasificación que distingue entre fabricación de pequeños lotes y de grandes lotes”*. Estos utilizan las mismas instalaciones para la obtención de los productos, de forma que, una vez obtenida la cantidad deseada para uno de ellos, se procede a ajustar la instalación o instalaciones y a procesar otro lote de otro producto, repitiéndose continuamente esta secuencia.

El lote de un producto específico, es aquel que se produce y se acumula en Baches. La misma, puede ser grande o pequeño, de acuerdo a lo establecido por la organización.

Para efectos de este trabajo, un lote grande será de 210 unidades para el producto A, 170 unidades para B y 120 unidades para el producto C. Un lote pequeño será de 70 unidades para el producto A, 55 unidades para B y 45 unidades para el producto C (ver tabla N° 6). Teniendo en cuenta, que los valores antes mencionados, están sujetos a cambios de acuerdo a lo establecido por el usuario.



C. Tiempo de Procesamiento.

El tiempo de procesamiento esta relacionado con el tiempo que tarda la línea en producir una cantidad de productos, en condiciones normales de funcionamiento. Esto depende de la cantidad de recursos disponibles y el buen desarrollo, va a depender de la capacidad de respuesta ante la demanda de los clientes, es decir, si la organización puede o no producir dichos productos en el tiempo establecido por los clientes.

También es definida como la cantidad de producto que se obtiene en una determinada unidad productiva durante cierto período de tiempo. Sin embargo, para este trabajo (enmarcado en el submodelo de producción), el tiempo de procesamiento será considerada como un tiempo de producción de la línea. El cual marcará la posibilidad de respuesta de la organización al cliente y puede decirse que condiciona los límites de competitividad de la empresa. Su falta puede provocar disminución del servicio y pérdida de clientes; su exceso puede llevar a una disminución de los precios para estimular la demanda, mantener equipos y personal ocioso, a un exceso de inventarios, etc.

Para efectos de este trabajo, el tiempo de procesamiento está dado por el número de pedidos esperando para ser procesados para cada tipo de producto y la capacidad de la línea de producción. Este tiempo será variable y depende del número de entidades que se encuentren en el sistema de producción.

$$\text{Tiempo de Procesamiento: } \frac{D * J}{CL}$$

CL

Donde:

D: demanda del producto solicitado (unidades)

J: jornada de trabajo (para este trabajo es 8 horas/día).

CL: capacidad de la línea (unidades/hora).



C. Nivel o Punto de Reorden.

El punto de reorden para una organización, significa una señal al departamento encargado, indicando que las existencias de determinado producto han llegado a cierto nivel (punto de reorden) y que debe hacerse una nueva producción del producto.

Para efectos de este trabajo y para el caso de producción contra stock (MTS), el nivel o punto de reorden será de 70 unidades para el producto A, 60 unidades para el producto B y 50 unidades para el producto C (ver tabla N° 6). Teniendo en cuenta, que dichos valores, están sujetos a cambios de acuerdo a lo establecido por el usuario.

D. Actualización de los Inventarios.

Los inventarios están relacionado con la cantidad de productos necesarios que deben existir en almacén para satisfacer a los clientes. Estos Inventarios forman un enlace entre la producción y la venta de un producto. Existen dos tipos de éstos, los cuáles son el inventario de productos en proceso y el de productos terminados, el cual permite a la mayor flexibilidad en la programación de su producción y en su mercadotecnia:

- ❖ **Inventario en Proceso:** son existencias del producto que se tienen a medida que se le añade mano de obra y otros materiales, hasta el punto de llegar a conformar ya sea un sub.-ensamble o componente de un producto terminado. Mientras no concluya su proceso de fabricación, ha de ser inventarios en procesos.

Según Acevedo (S/F) *“el inventario de productos en proceso consiste en todos los artículos o elementos que se utilizan en el actual proceso de producción. Es decir, son productos parcialmente terminados que se encuentran en un grado intermedio de producción y a los cuales se les aplico la labor directa y gastos indirectos inherentes al proceso de producción en un momento dado”.*



Una de las características del inventario de producto en proceso es que se va aumentando su cantidad a medida que se va transformado de materia prima a producto terminado como consecuencia del proceso de producción.

- ❖ **Inventario Total o de Productos Terminados:** este tipo de inventario es corresponde al producto final una vez que culmina su proceso, para su posterior venta al cliente.

Según Acevedo (S/F) “comprende estos, los artículos transferidos por el departamento de producción al *almacén* de productos terminados por haber estos; alcanzado su grado de terminación total y que a la hora de la toma *física* de inventarios se encuentren aun en los almacenes, es decir, los que todavía no han sido vendidos. El nivel de inventarios de productos terminados va a depender directamente de las ventas, es decir su nivel esta dado por la demanda”.

Para efectos de este trabajo, las condiciones iniciales de inventario total e inventario a la mano serán de 400 unidades para el tipo de producto A, de 350 unidades para el tipo de producto B y de 300 unidades para el tipo de producto C (ver tabla N° 6). El cual, estará sujeto a cambios de acuerdo a lo establecido por el usuario.

E. Tiempo de Puesta a Punto.

La puesta punto es el tiempo que se tarda en poner a andar el proceso de producción, de acuerdo a la nueva especificación requerida. En otras palabras, los ajustes normalmente se asocian con la posición de piezas y troqueles, y una vez hecho el cambio, se demora un tiempo en lograr que el primer producto bueno salga bien.

Para efectos de este trabajo, la distribución de probabilidades que se ingresó en esta variable, fue una distribución Uniforme de parámetros 12 y 20 minutos (ver tabla N° 6). De igual manera, esta variable está sujeta a cambios de acuerdo a lo establecido por el usuario.



En la siguiente tabla, se resume algunas de las variables de entrada de los factores del Submodelo de Producción mencionados anteriormente, con sus respectivos valores y unidades de medición:

Tabla N° 6: Variables de Entrada del Submodelo de Producción.

| Variable | Significado | Valor | Unidad |
|---------------------------------|--|--|----------|
| Inventario a la Mano | Indica el número de unidades que se tiene en el almacén en un instante. | A: 400 B: 350 C: 300 | unidades |
| Unidades a Producir | Representa el número de unidades a fabricar para reponer los inventarios. | Lote Grande: A: 210 B: 170 C: 120 Lote Pequeño: A: 70 B: 55 C: 45 | unidades |
| Inventario Total | Representa las unidades totales (inventario a la mano más unidades a producir) que posee el sistema | A: 400 B: 350 C: 300 | unidades |
| Punto de Reorden | El valor que indica cuando se debe hacer una nueva orden de producción. | A: 70 B: 60 C: 50 | unidades |
| Capacidad de la Línea | Indicar la capacidad máxima que posee la línea para producir. | 400 | Unidades |
| Aumento | Representa un incremento porcentual del tiempo de operación cuando existe ausencia de trabajadores. | 1.30 | % |
| Tiempo de Puesta a Punto | Es el tiempo necesario para hacer cambios en la línea debido a la fabricación de un producto a otro. | Uniforme (12,20) | Minutos |

Fuente: Elaboración Propia



4.1.3. Submodelo de Fallas.

El proceso productivo es la parte esencial de toda organización y por ende, se debe velar porque este funcione perfectamente, para evitar demoras en el proceso, que puedan afectar la satisfacción de los clientes.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la fabricación de un pedido se puede retrasar debido a diversos acontecimientos o eventos. Estos eventos incluyen fallos en la maquinaria, escasez de abastecimiento de materiales, ausencia de trabajadores, etc., y pueden forzar cambios en el programa de producción.

Para minimizar los efectos de estos hechos, es eficaz disponer de sistemas de control de planta. Estos sistemas deben proporcionar información exacta de las órdenes de trabajo, del estado del trabajo y de los recursos de la fábrica. Algunos de ellos pueden ser:

- Informes escritos.
- Terminales de entrada de datos manuales.
- Lectores de códigos de barras y sensores.
- Sistema de entrada de datos por voz.

Es obvio, que a medida que pasa el tiempo, aumenta las averías en los equipos, éstos dan lugar a más defectos, lo que hace que sean más lentos y se vayan desgastando los mismos, provocando una paulatina disminución de la capacidad. Sin embargo, esta puede frenarse con una adecuada política de mantenimiento preventivo, basada fundamentalmente en inspeccionar los equipos y reemplazar las partes más vulnerables, antes de que se produzca la avería, bien cada vez que transcurra cierto tiempo o bien al cabo de cierto tiempo de utilización.

Adicionalmente, existen variables que están ligadas cuando ocurre una falla, como son:



- ❖ **Frecuencia:** Representa las veces que ocurren alguna falla durante el proceso productivo.

- ❖ **Tiempo Promedio de Reparación:** Según Amendola (2003) *“es el tiempo promedio utilizado para reparar una falla. Es decir, es el período para restituir una unidad en condiciones óptimas de operación una vez que se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. El mismo está asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. La mantenibilidad, es definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos, es una función del diseño del equipo (factores tales como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnóstico, facilitan enormemente el mantenimiento). Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño”.*

- ❖ **Tiempo entre Fallas:** es el tiempo promedio de ocurrencia entre fallas.

Para este trabajo, se van a estudiar tres (3) tipos de fallas, que son las más comunes en una organización manufactureras:

- ❖ **Fallas por Maquinarias:** La raíz de una falla por maquinarias puede deberse, a la inexistencia de una planificación para el mantenimiento de equipos y herramientas, trayendo como consecuencia, demoras por paradas imprevistas.

Según Torres (1998) *“toda máquina tiene sus niveles normales de ruido, vibración y temperatura. Cuando se observe algún aumento anormal de estos niveles, se tienen los primeros indicios de que hay alguna falla. Los operarios de las máquinas deben ser instruidos para que avisen al detectar estos síntomas que presenta la máquina. Al diseñar una máquina se debe tener un profundo*



conocimiento de la forma en que funciona cada elemento componente y la forma en que puede fallar. Esto conducirá a mejores diseños”.

- ❖ **Fallas por Materiales:** La raíz de una falla por materiales, puede deberse a retardos en la entrega de insumos y materias primas por parte de los proveedores, ocasionando cambios en la planificación de producción. Por la inexistencia de una disciplina establecida por parte de la empresa y sus proveedores, es decir, no se cuenta con un plan anual o semestral, que la empresa presente a sus proveedores, sobre las cantidades requeridas de materia prima e insumos que se van a necesitar en el futuro, a fin de garantizar, el suministro en el momento indicado.

- ❖ **Fallas por Ausentismo:** Se entiende por ausentismo, como el número de operarios ausentes en una jornada de trabajo. Las causas del ausentismo puede deberse a falta de motivación del empleado, problemas personales, entre otros. Además, al existir ausencia de empleados en una línea, afecta el tiempo de operación de la línea, trayendo como consecuencia, que no se produzca en el tiempo estipulado y la entrega tardía de los pedidos.

Una vez mencionados los diferentes eventos considerados en el Submodelo de Fallas, a continuación se describen los procesos, involucrados en dichos escenarios:

A. Verificación del Ausentismo.

El ausentismo ocurre cuando en la línea de producción existe ausencia de trabajadores. Este valor puede ser cero (0) significando que no hay ausentismo, uno (1) significando que hay ausentismo de un trabajador o mayor a uno cuando existe ausencia de una cantidad específica de trabajadores.



B. Asignación del Tiempo de Operación.

La asignación del tiempo de operación ocurre cuando en la línea de producción existe ausencia de un (1) trabajador. Donde este tiempo no es más que el tiempo de procesamiento de la línea multiplicado por un factor o porcentaje adicional debido a la ausencia de ese trabajador.

C. Parada por Ausentismo.

Ocurre cuando existe ausencia de más de un trabajador en la línea de producción. Lo que implica la parada total de dicha línea, en vista que no se cuenta con la cantidad de trabajadores suficientes para el buen funcionamiento de la misma.

Este tema es altamente relevante, en la medida en que se estima que los daños ocasionados a la economía por esta causa seguramente son cuantiosos. Según Bayce (2001) pone énfasis en los costos que supone el ausentismo laboral y *“propone que los mismos están compuestos por costos directos, derivados por el mantenimiento de los aportes a la seguridad social (más los beneficios adicionales que la empresa pueda pagar al trabajador enfermo) y costos indirectos que surgen de los pagos que el trabajador igualmente debe efectuar al trabajador en actividad, aunque no produzca por estar en situación de incapacidad laboral temporaria. Dichos pagos corresponden a antigüedad, hogar constituido, prima por alimentación, extensión horaria, permanencia en el cargo, cobertura de seguro de accidentes y salario vacacional. Además existe un tercer tipo de costos, a los que llama costos ocultos y derivan, en su opinión, del tiempo perdido por el propio trabajador ausente, del tiempo necesario en disponer que la tarea del trabajador ausente sea realizada por otro, de la disminución en el rendimiento del equipo de trabajo y de la pérdida de producción y de mercado por retraso en el servicio o el encarecimiento del producto, así como de los gastos administrativos derivados de la contratación y formación del personal suplente, aumento de horas extra y otros”*.



Según Robbins (2004) el ausentismo “es una de las variables dependientes, junto con la productividad, la rotación, la ciudadanía y la satisfacción. Estas variables dependientes o de salida, son resultado de la interacción de diferentes factores que actúan en el plano del individuo, en el plano del grupo al que este individuo pertenece y en el plano del sistema de la organización”. Algunas de estas variables, que el autor llama independientes son las que se enumeran a continuación:

❖ Plano del individuo

- Capacidad.
- Aprendizaje individual.
- Motivación.
- Valores y actitudes.
- Percepción.
- Personalidad y emociones.
- Características biográficas.
- Toma de decisiones individual.

❖ Plano del grupo

- Comunicación.
- Conflicto.
- Poder y política.
- Estructura de los grupos.
- Equipos de trabajo.
- Liderazgo y confianza.

Estas variables además, no son aisladas sino que interactúan unas con otras en diferentes grados, dentro de su mismo nivel pero también a través de los distintos niveles.



Según Samaniego (2006) expresa que hay *“dos variables que condicionan la asistencia del empleado: la motivación de asistencia y la capacidad o habilidad de asistencia”*. Es de la interacción de estas dos variables, de donde surge la decisión de concurrir a trabajar o ausentarse.

Entonces, según Danatro (1997) *“el origen del ausentismo es, seguramente, multifactorial y pasa no solamente por los planos individual, grupal y organizacional de Robbins, sino también por el medio ambiente extralaboral y los factores perilaborales (aspectos políticos y socio-económicos de la nación y la región)”*.

Según Robbins (2004) *“los empleados manifiestan su insatisfacción poniendo en práctica cuatro (4) respuestas que se interrelacionan según dos (2) dimensiones: constructiva/destructiva y activa/pasiva. Las conductas destructivas (salida y negligencia) afectan fuertemente a las variables de desempeño: productividad, rotación y ausentismo. En efecto, la conducta de salida implica el abandono del puesto de trabajo, en tanto la negligencia consiste en dejar que las cosas empeoren”*.

Efectos del Ausentismo Laboral.

Según Samaniego (2006) *“el ausentismo laboral conlleva, a variados efectos negativos para el propio ausentista, para sus compañeros de trabajo, para la organización, para su familia y para el estado. Sin embargo debemos destacar que, aunque han sido menos estudiados, también hay algunos efectos positivos del ausentismo que, aunque no llegan a balancear con los anteriores, no por ello son menos merecedores de estudio y análisis. Estas consecuencias positivas, derivan de que el ausentismo puede suponer una estrategia para reducir el estrés laboral del trabajador y con ello mejorar su desempeño en otros roles, fundamentalmente en el ámbito familiar y social, ya que la conducta ausentista le permite disponer de más tiempo para ello. Asimismo, brinda a los compañeros de trabajo la oportunidad de realizar nuevas tareas y así demostrar sus habilidades o ensanchar su puesto de trabajo”*. Según Samaniego (2006) los efectos negativos más conocidos son:



- ❖ Progreso a indisciplina.
- ❖ Aumento de la carga de trabajo de los compañeros aunque, en general, sin un beneficio económico concomitante.
- ❖ Puede originar accidentes cuando los sustitutos no están familiarizados con el puesto de trabajo o con la tecnología empleada.

En la siguiente tabla, se resume algunas de las variables de entrada de los factores del Submodelo de Fallas mencionados anteriormente, con sus respectivos valores y unidades de medición:

Tabla N° 7: Variables de Entrada del Submodelo de Fallas.

| Variable | Significado | Valor | Unidad |
|--|---|-----------------------------------|---------------|
| Ausentismo | Mide la cantidad de trabajadores que se tienen en un instante. | Cero (0) ó uno (1) | Adm. |
| Tiempo de Parada Por Ausentismo | Es el tiempo de parada cuando el sistema no dispone de la cantidad necesaria de trabajadores. | Valor suministrado por el usuario | Minutos |

Fuente: Elaboración Propia



4.2. DIAGRAMAS DE FLUJOS DE LOS SUBMODELOS.

Para facilitar el sistema de estudio, se muestran como primera medida los diagramas de flujo de los submodelos de demanda, producción y fallas, los cuales comprenden los factores explicados anteriormente. Dichos diagramas se presentan a continuación:

4.2.1. Diagramas de Flujos de Demanda.

Figura N° 2: VENTA INMEDIATA O PÉRDIDA.

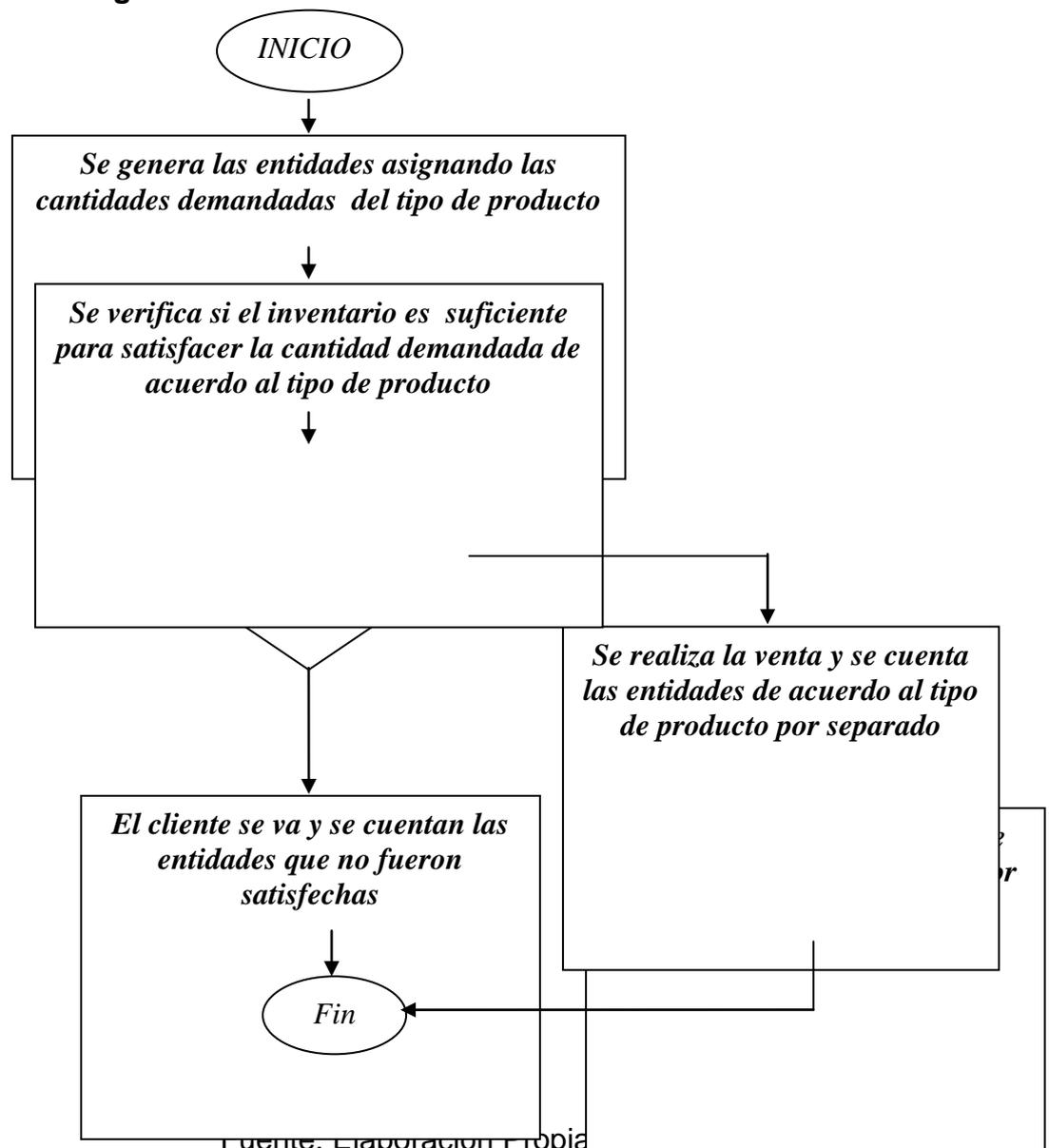




Figura N° 3: VENTA INMEDIATA O DIFERIDA.

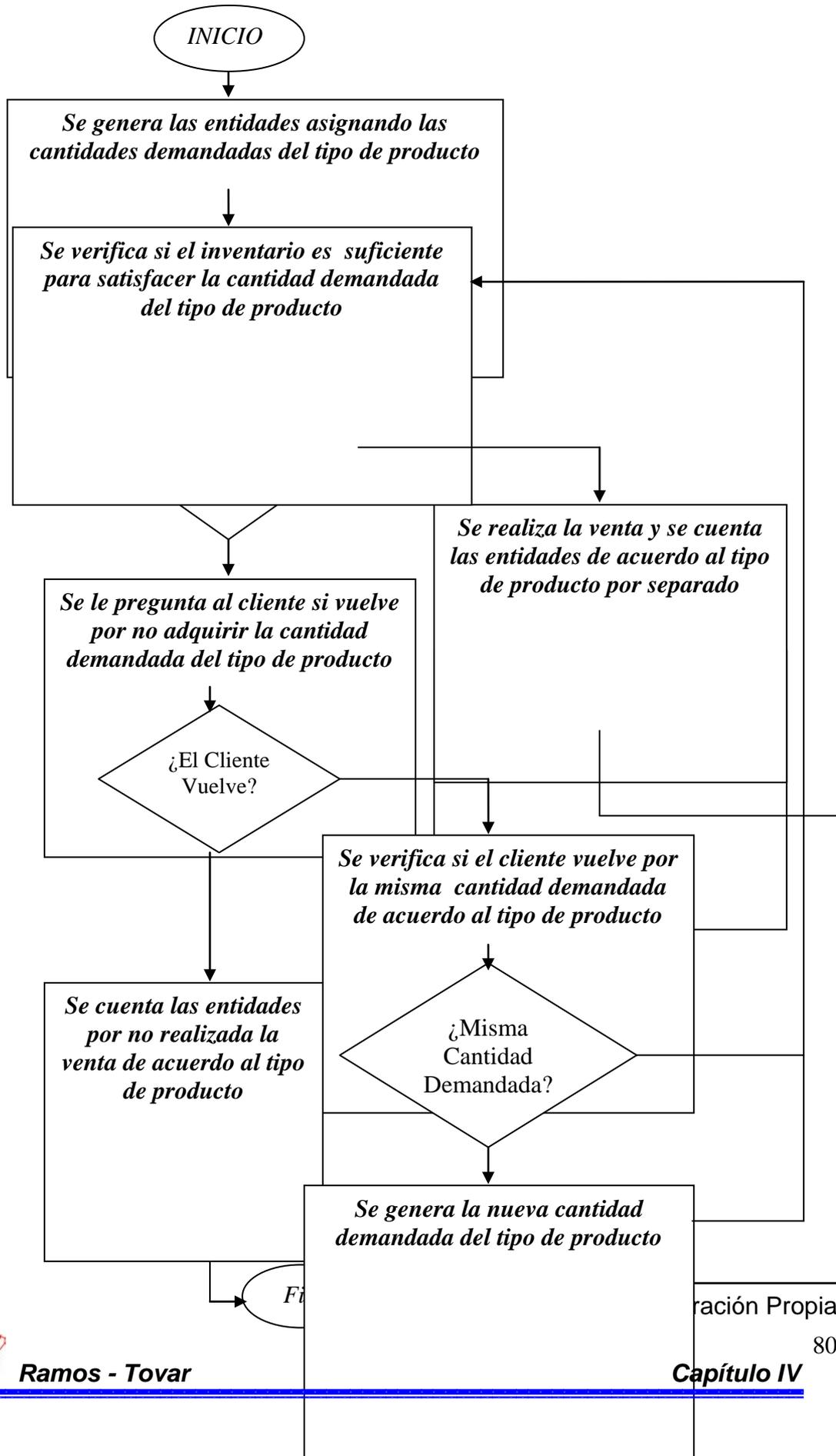
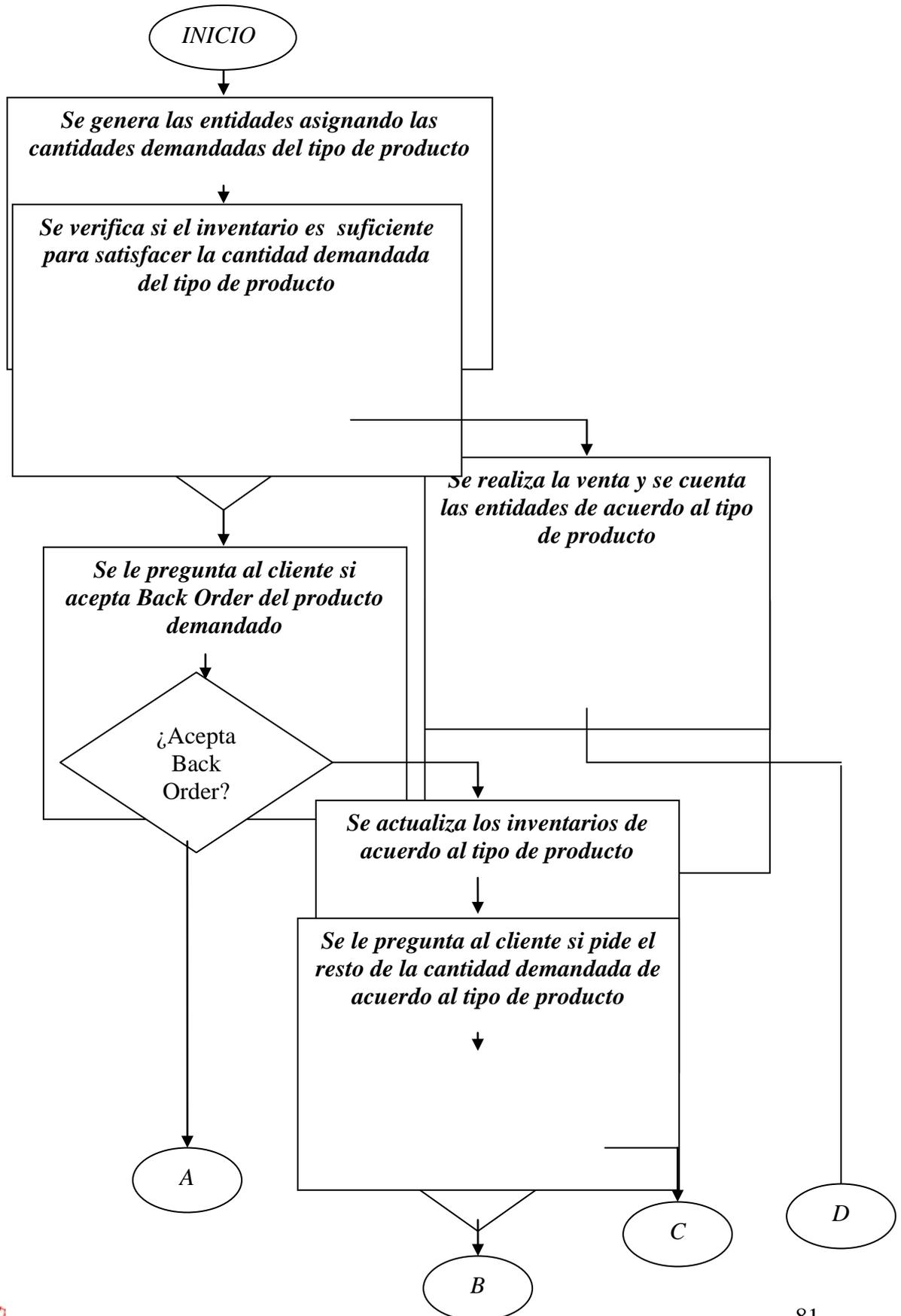




Figura N° 4: VENTA INMEDIATA TOTAL O PARCIAL (BACK ORDER).



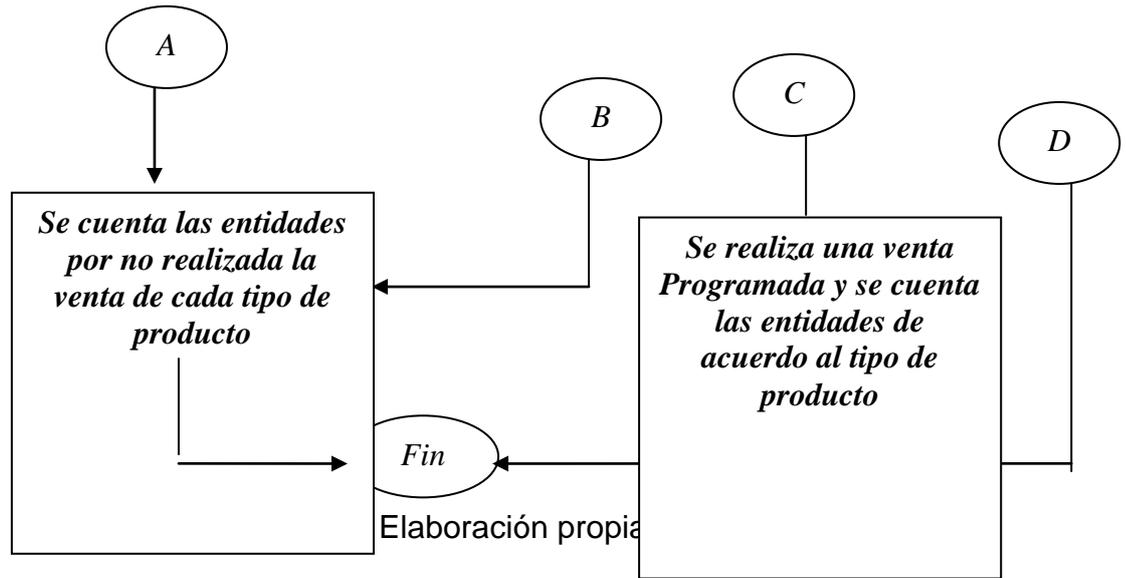
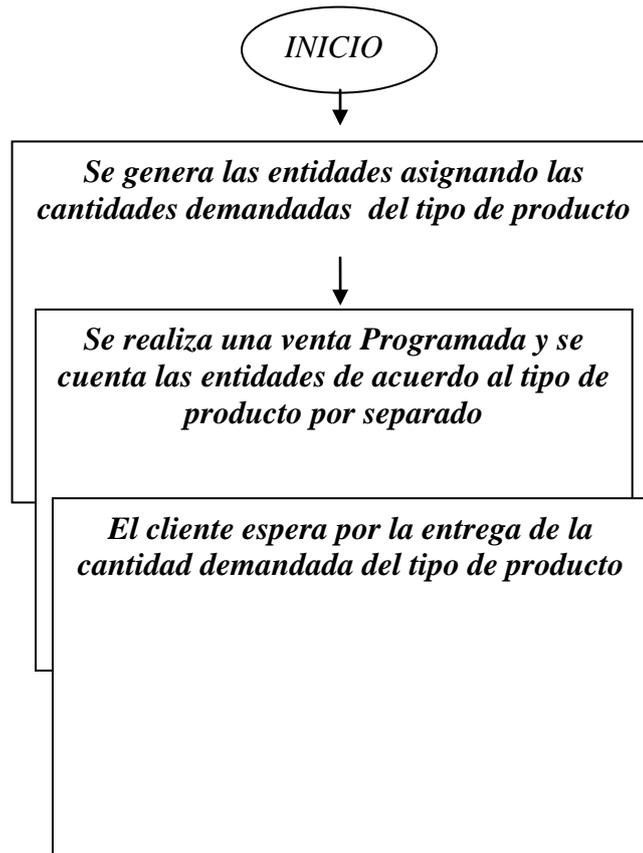
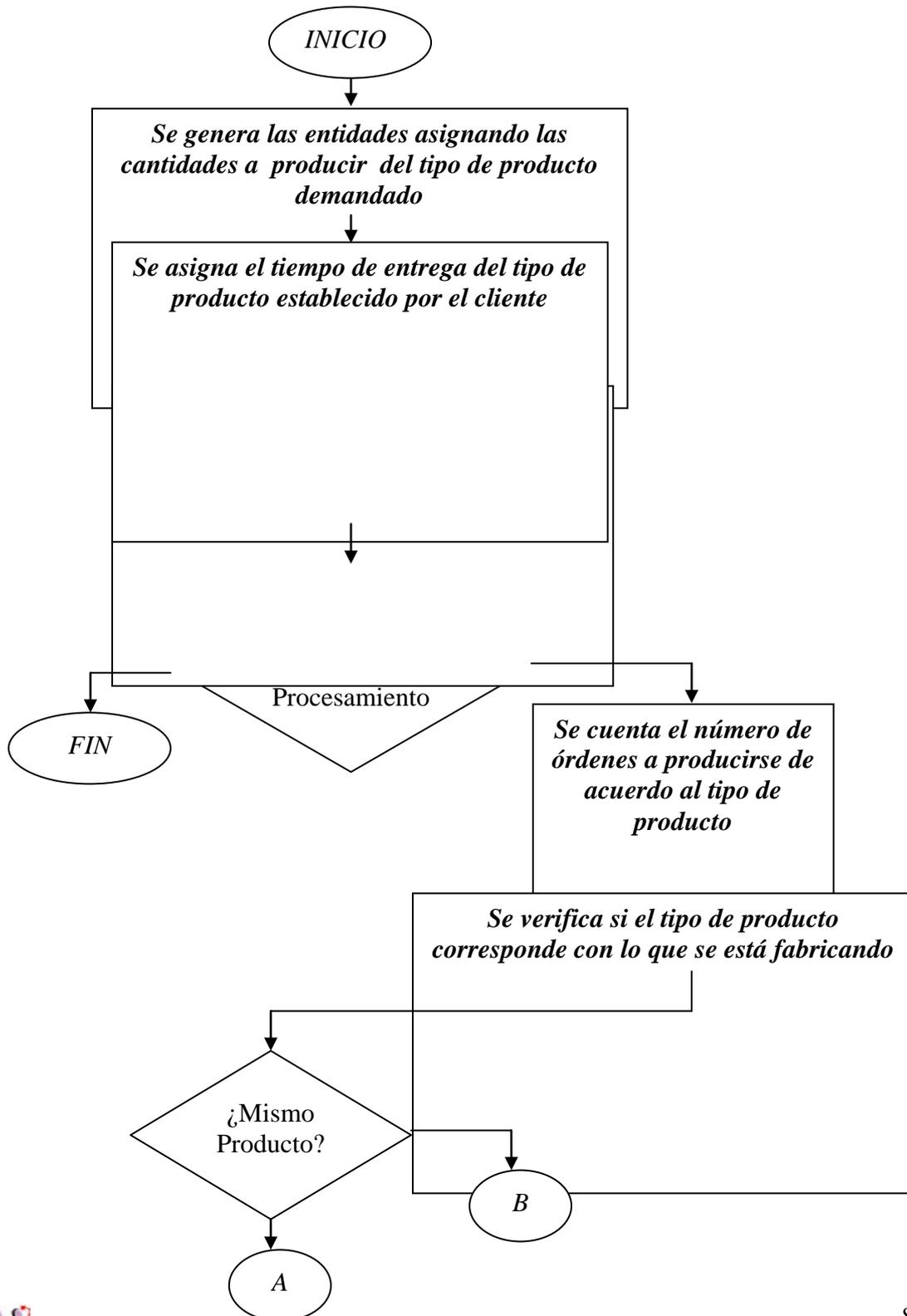


Figura N° 5: VENTA PROGRAMADA.



4.2.2. Diagramas de Flujo de Producción

Figura N° 6: PRODUCCION BAJO PEDIDO USANDO MENOR TIEMPO DE ENTREGA.



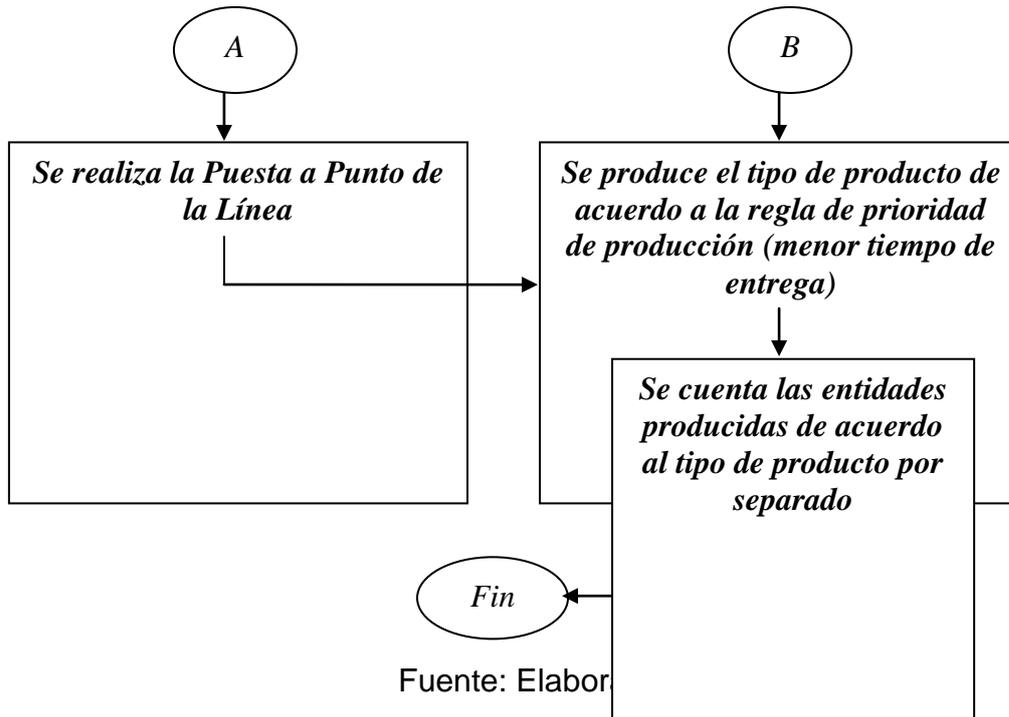
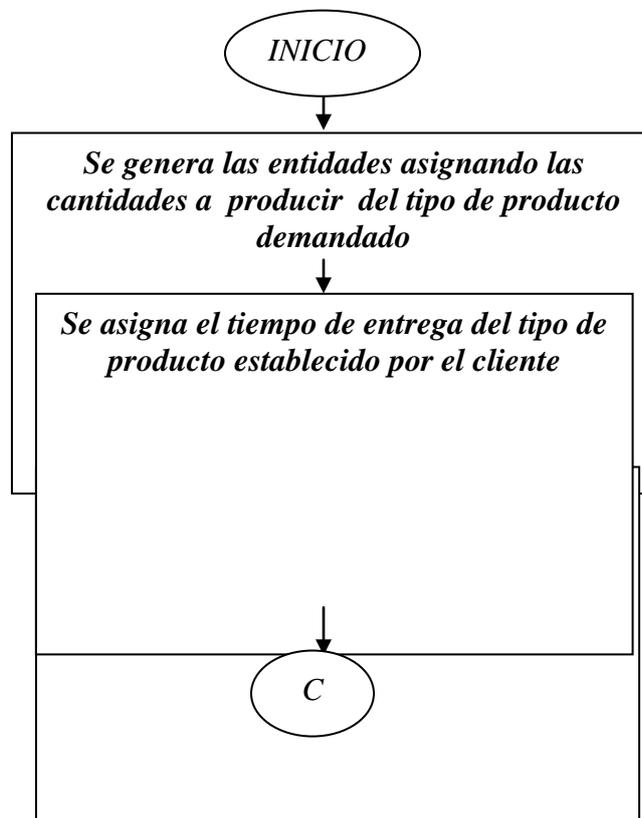
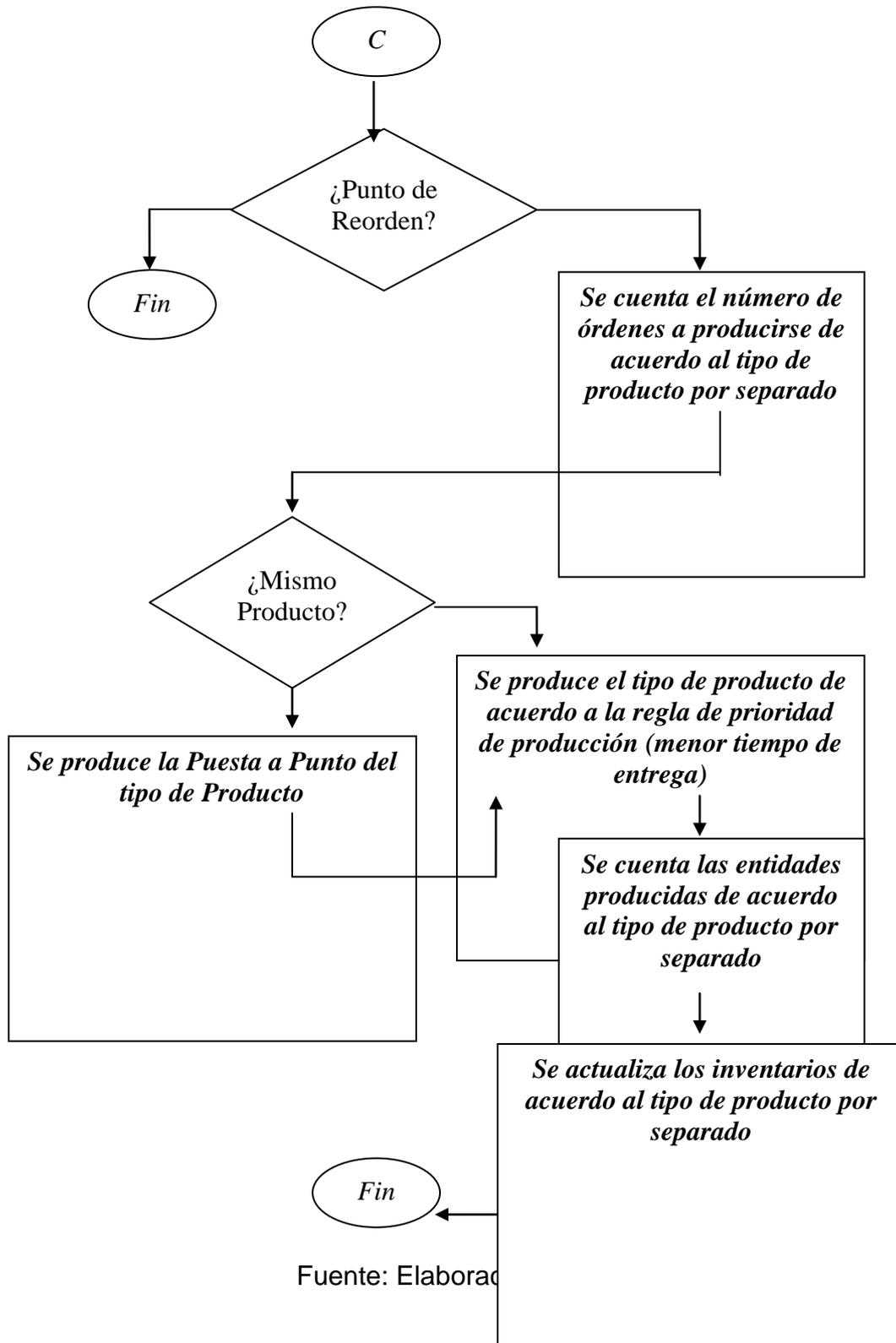


Figura Nº 7: PRODUCCION CONTINÚA USANDO MENOR TIEMPO DE ENTREGA.

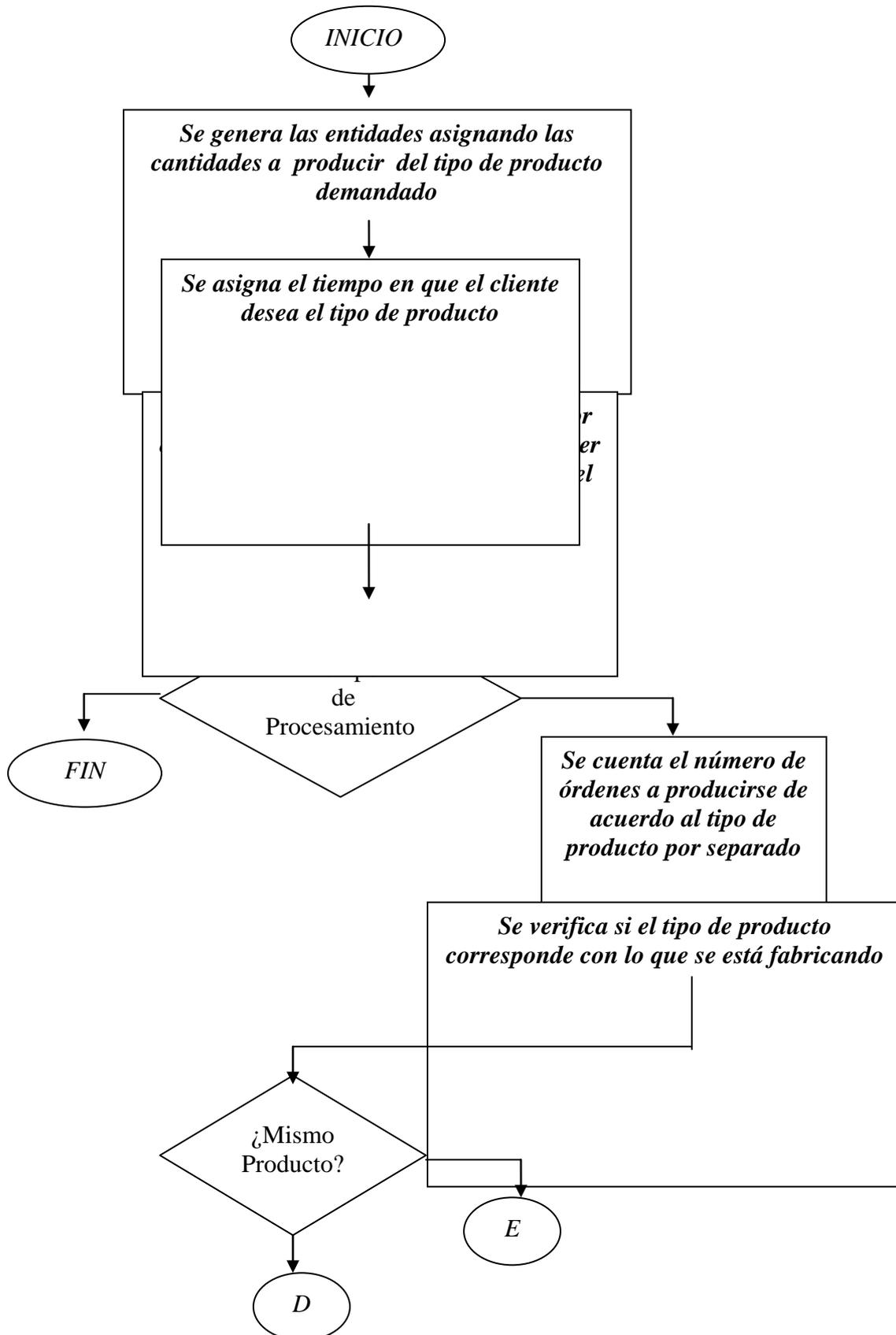




Fuente: Elaboración propia



Figura N° 8: PRODUCCION BAJO PEDIDO USANDO FIFO.



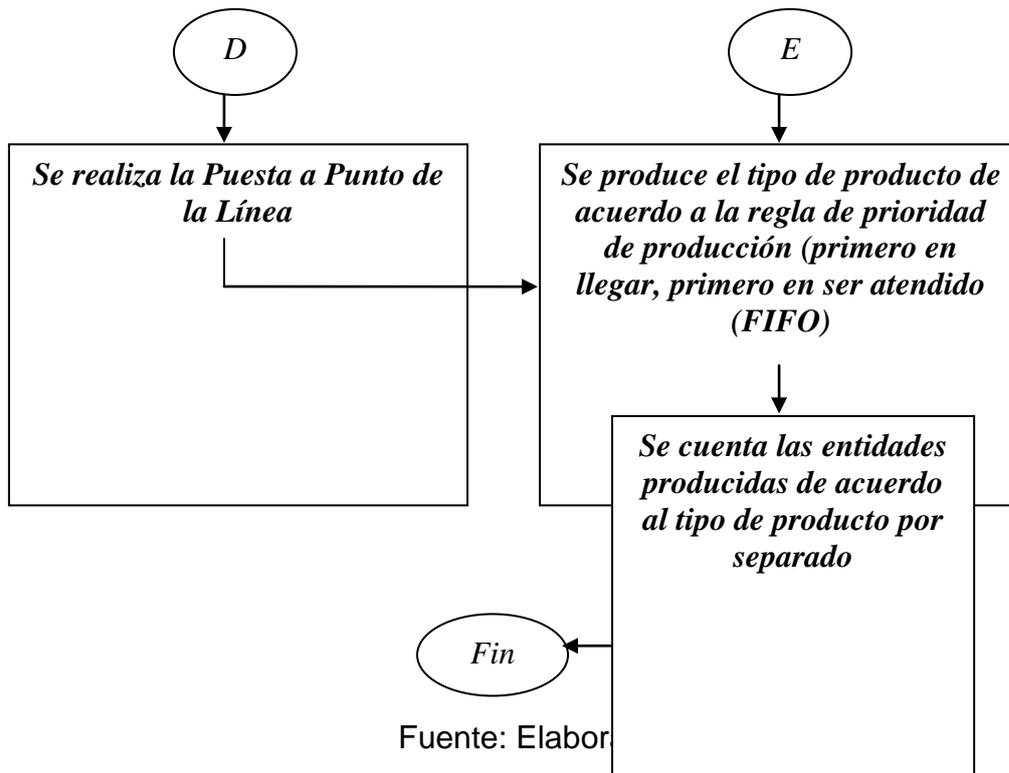
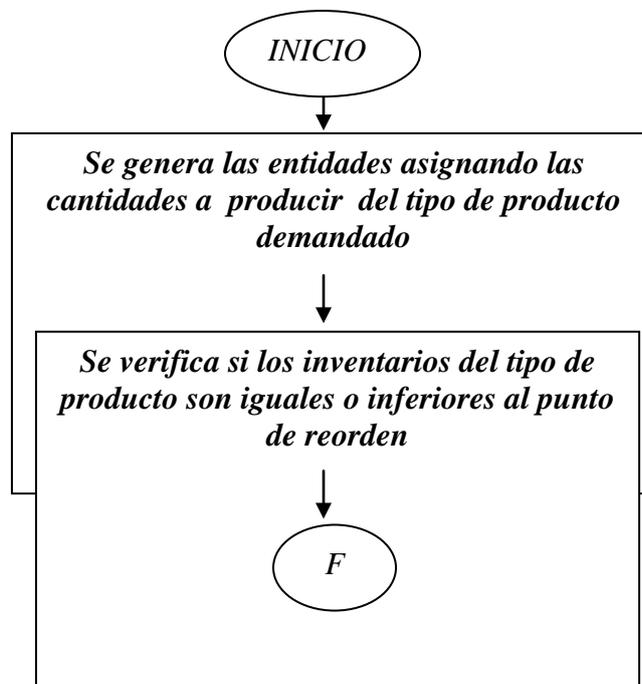
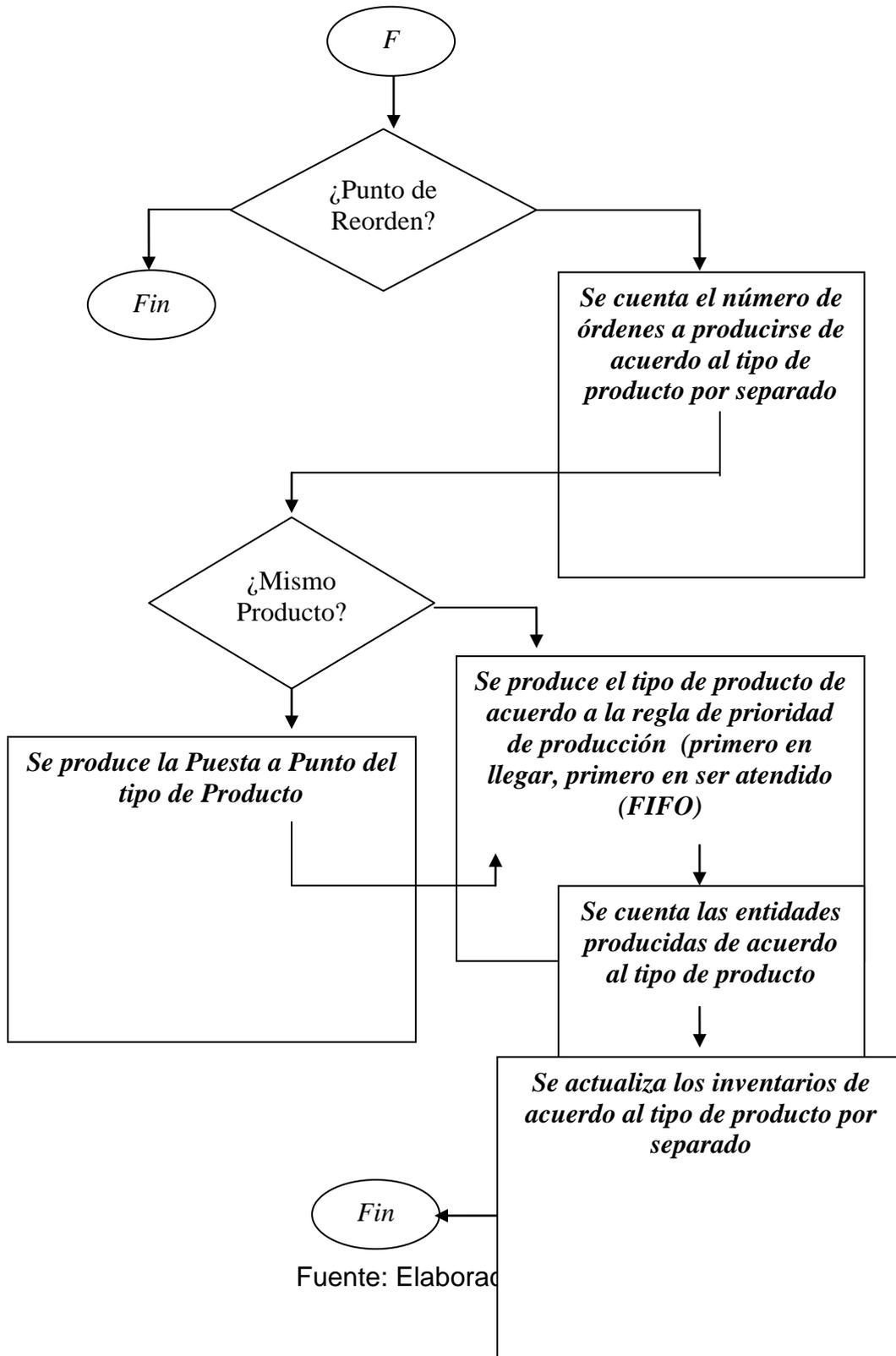


Figura Nº 9: PRODUCCION CONTINÚA USANDO FIFO.

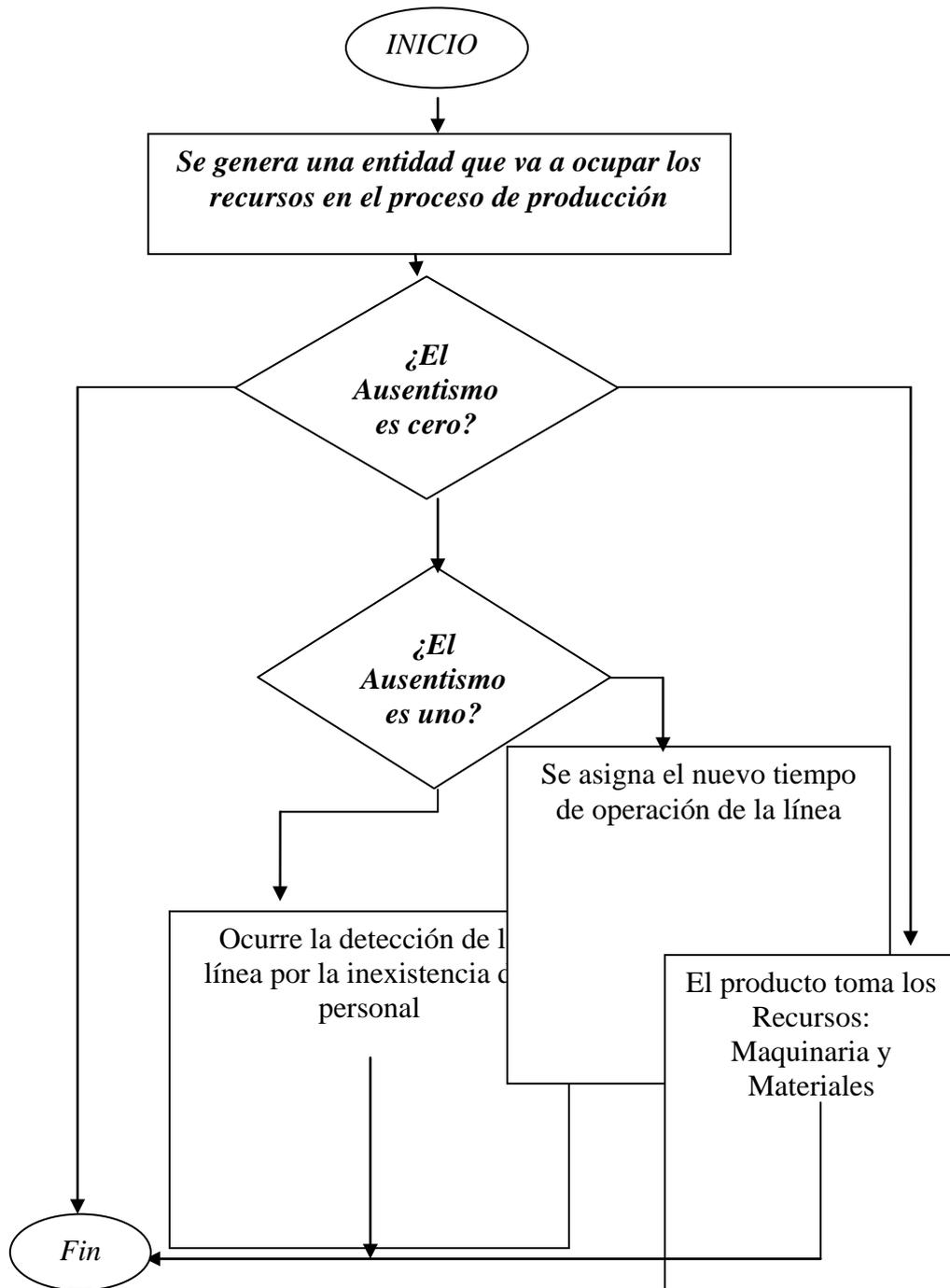






4.2.3. Diagramas de Flujo de Fallas

Figura N° 10: FALLAS DE MATERIALES, MAQUINARIAS Y AUSENTISMO.



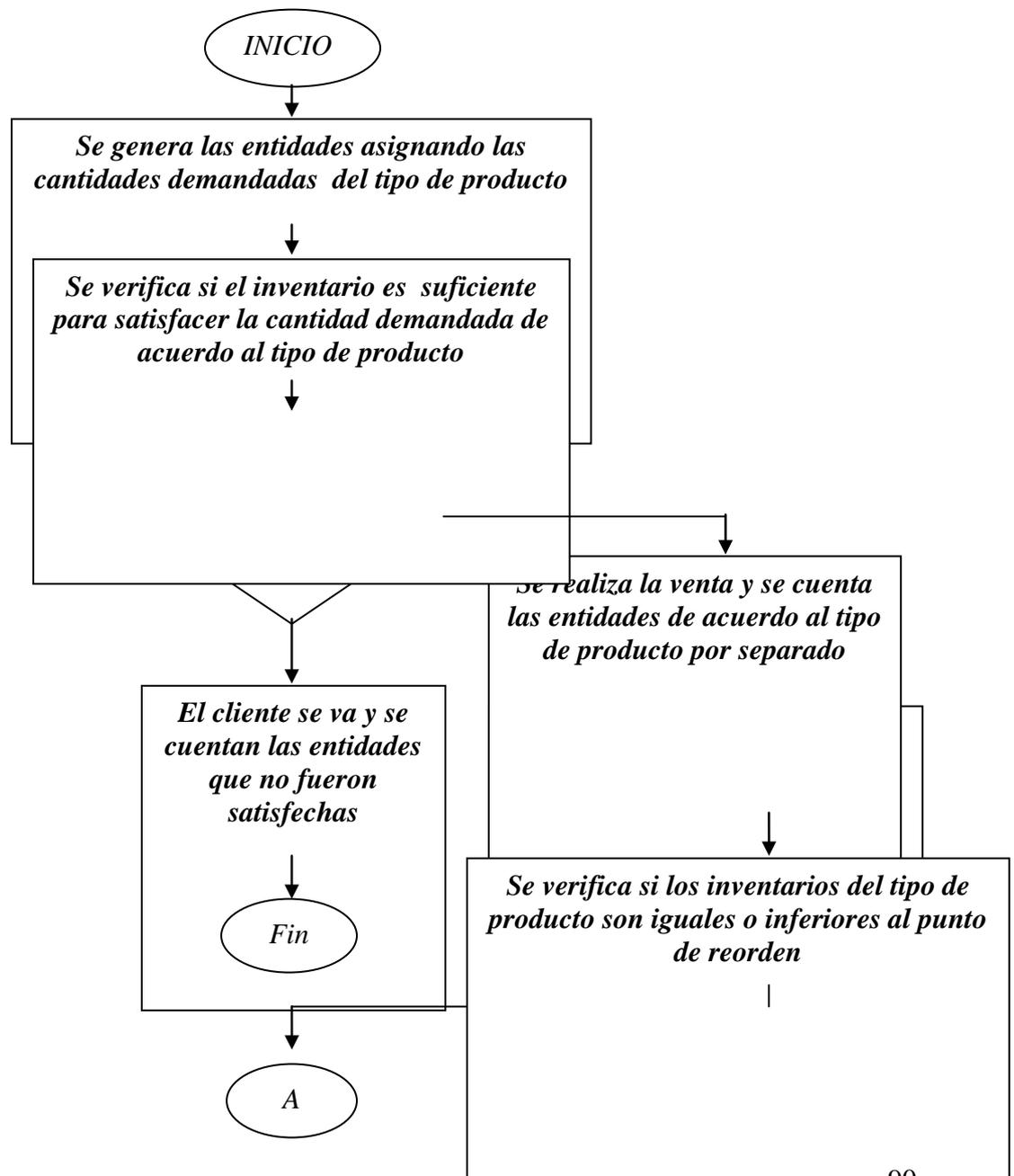
Fuente: Elaboración propia.

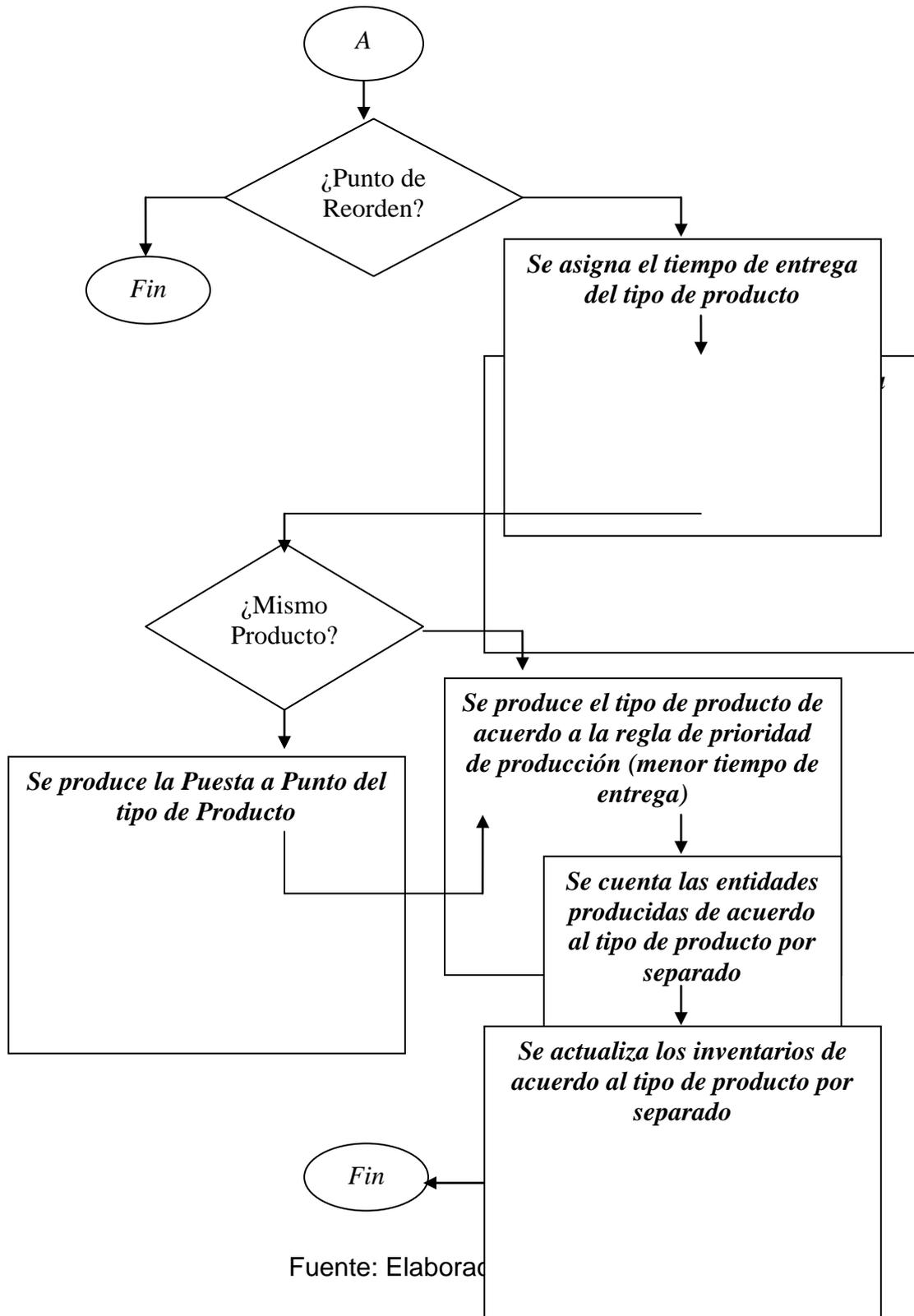


4.3. DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS ESCENARIOS.

Una vez estudiado y analizados los submodelos de Demanda, Producción y Fallas, se procede a ensamblar dichos submodelos de acuerdo a la lógica existente en la realidad, el cual se denominaron “Escenarios” quedando de la siguiente manera:

Figura N° 11: ESCENARIO N° 1 Venta Inmediata o Pérdida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega.

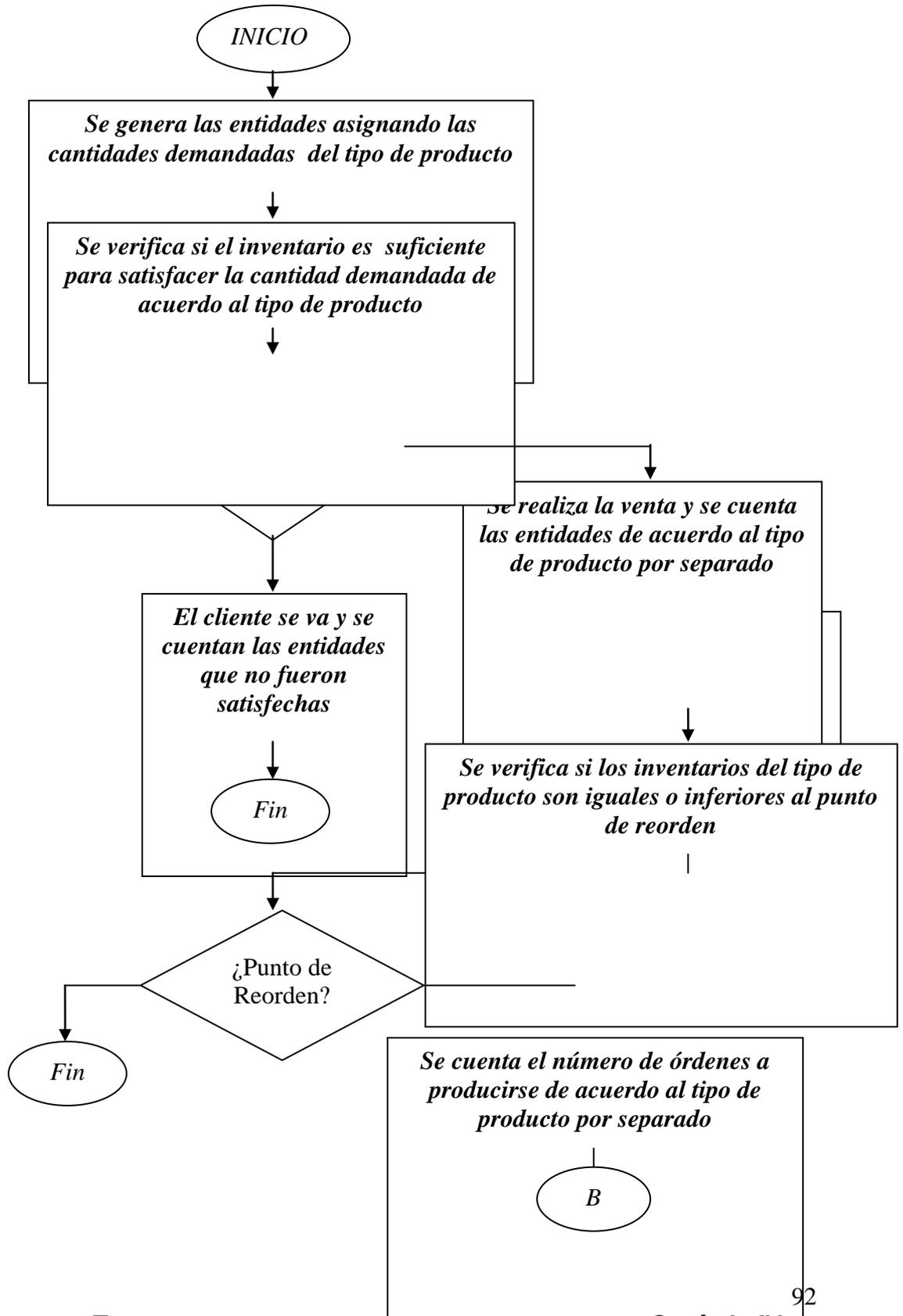


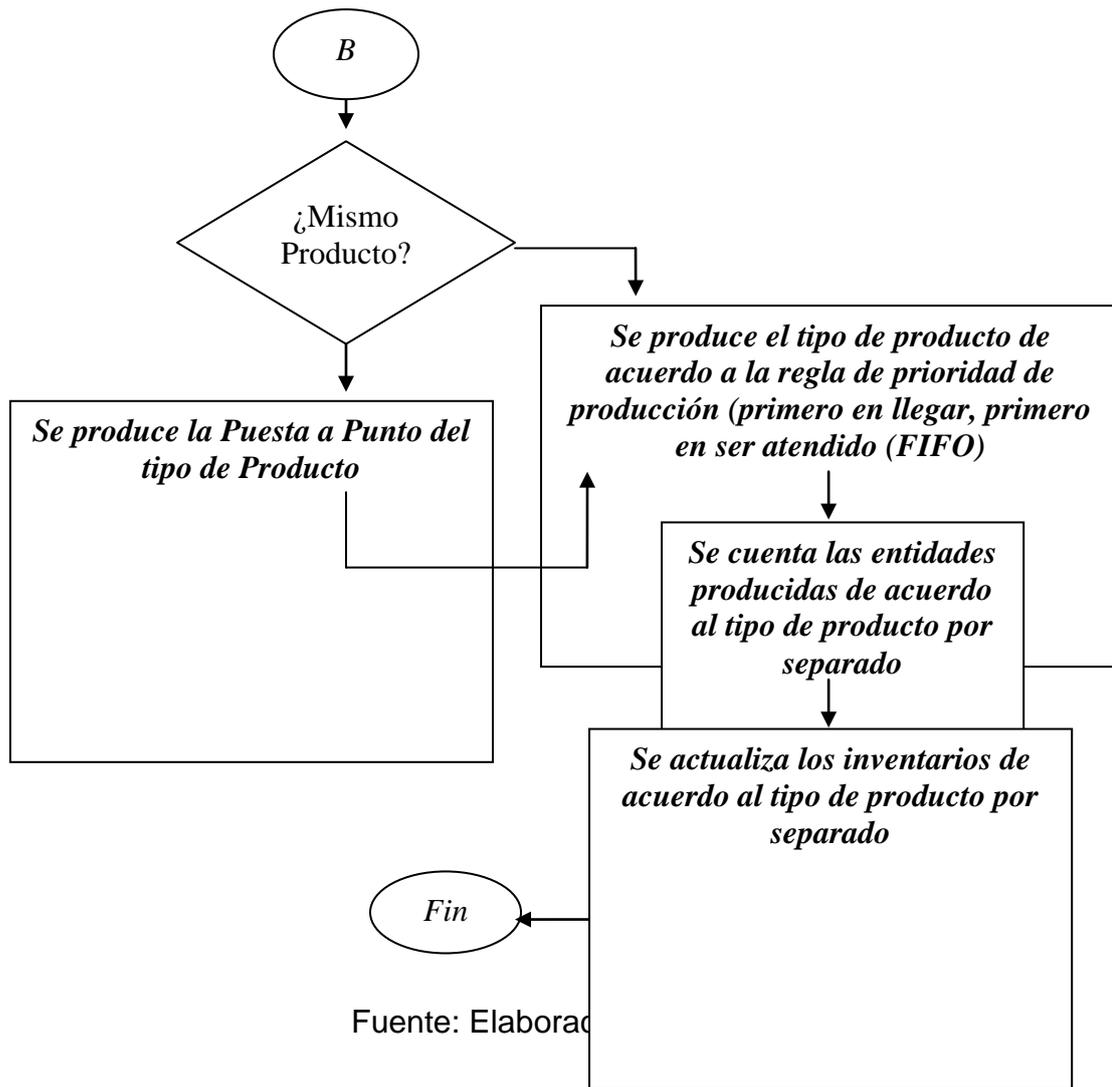


Fuente: Elaboración propia



Figura N° 12: ESCENARIO N° 2 Venta Inmediata o Pérdida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO).

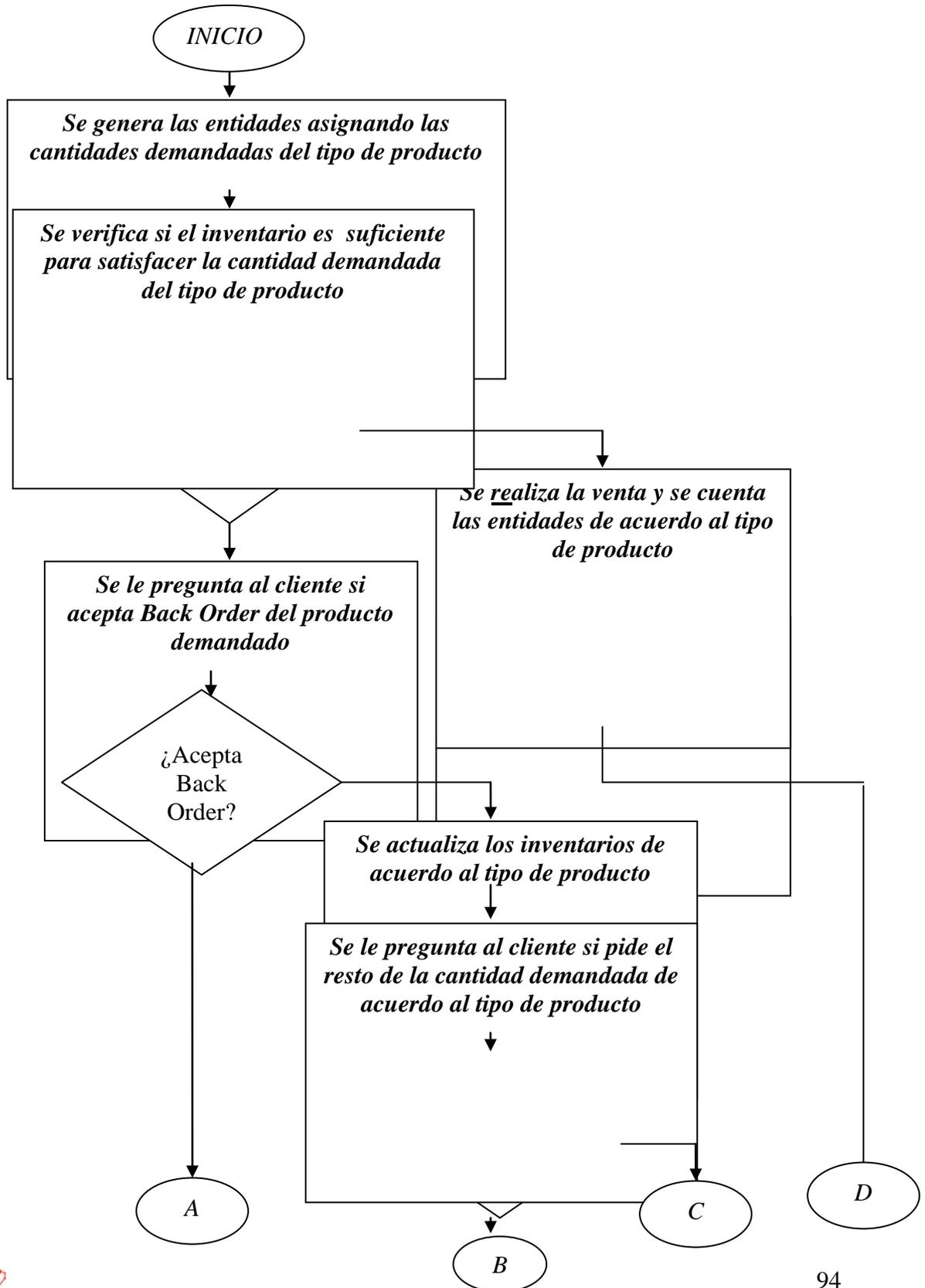


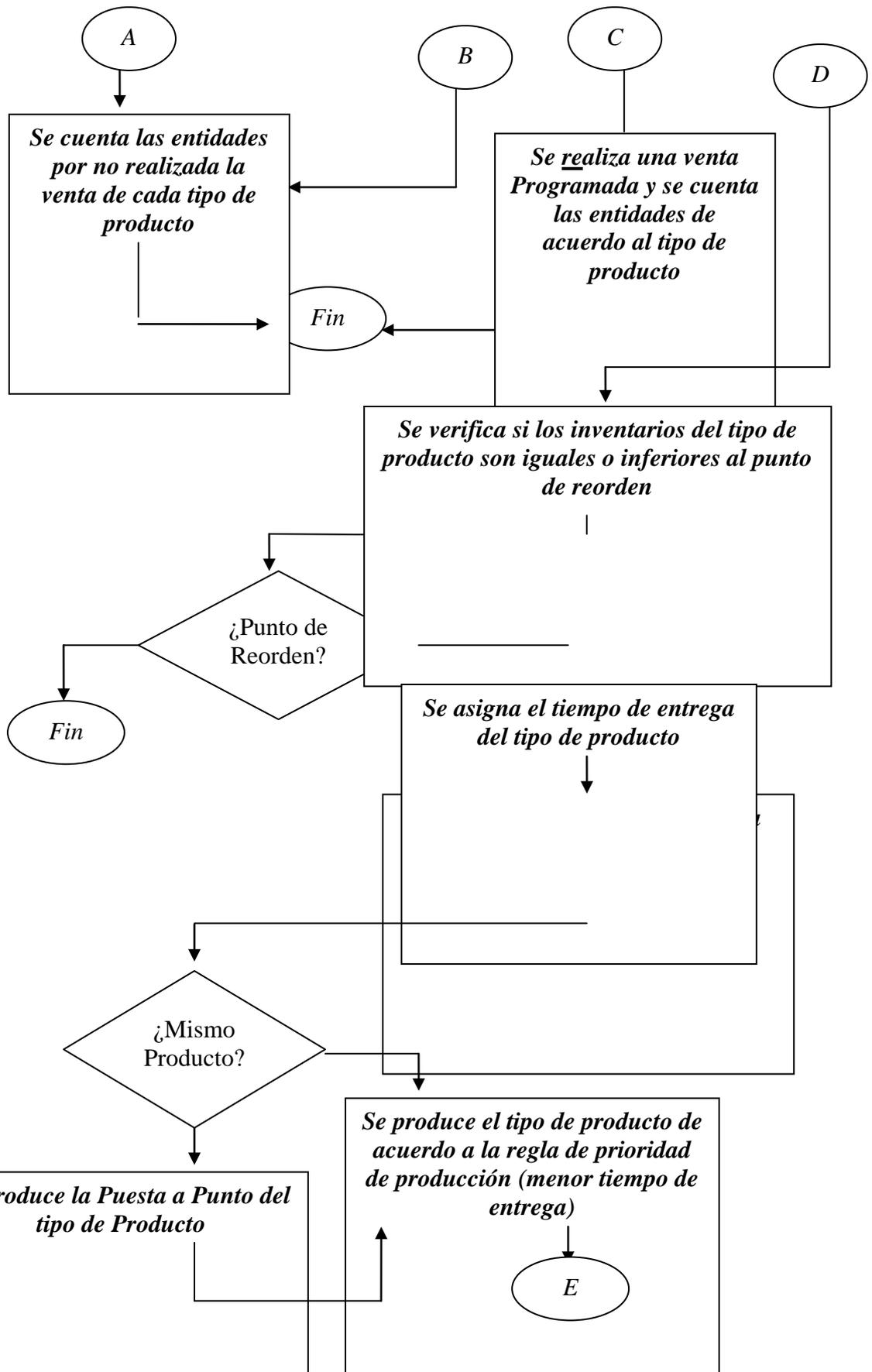


Fuente: Elaboración propia



Figura N° 13: ESCENARIO N° 3 Venta Parcial o Total (Back Order) bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega





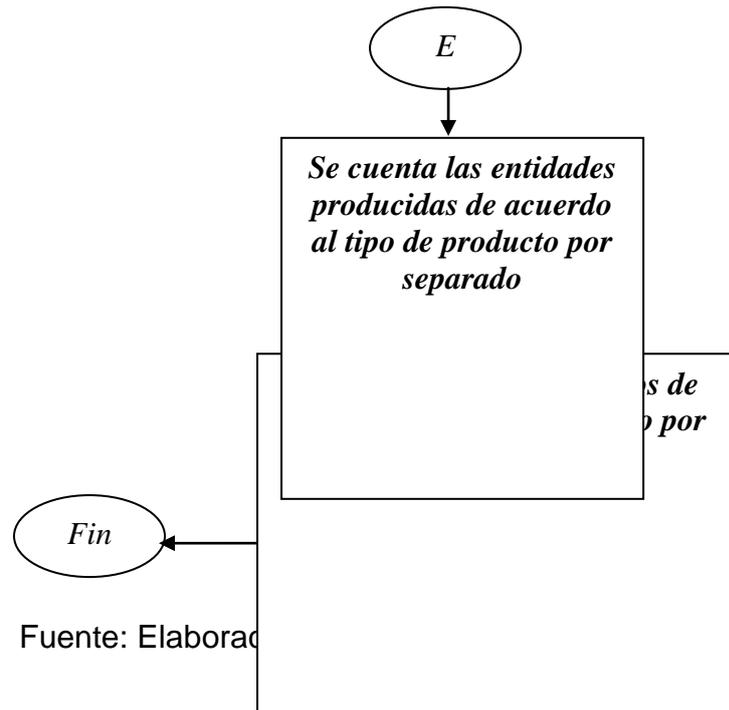
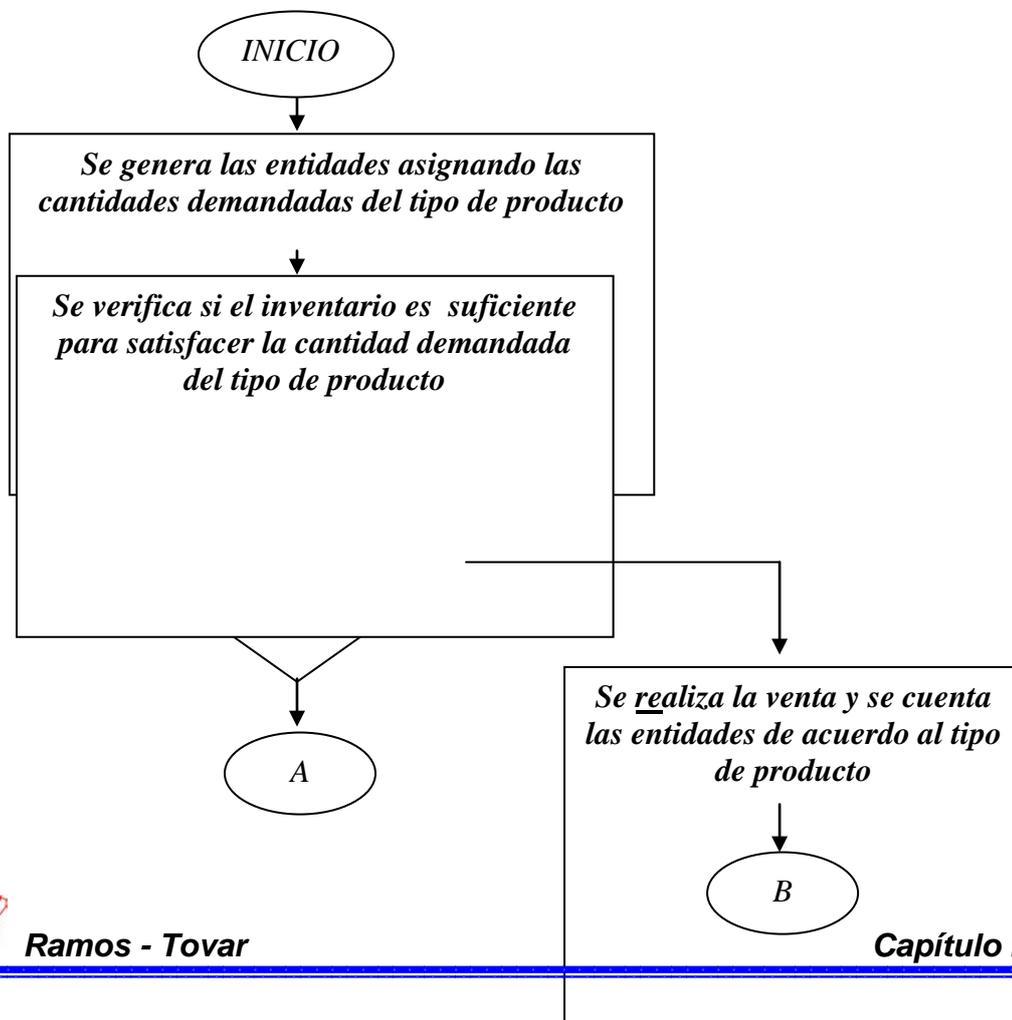
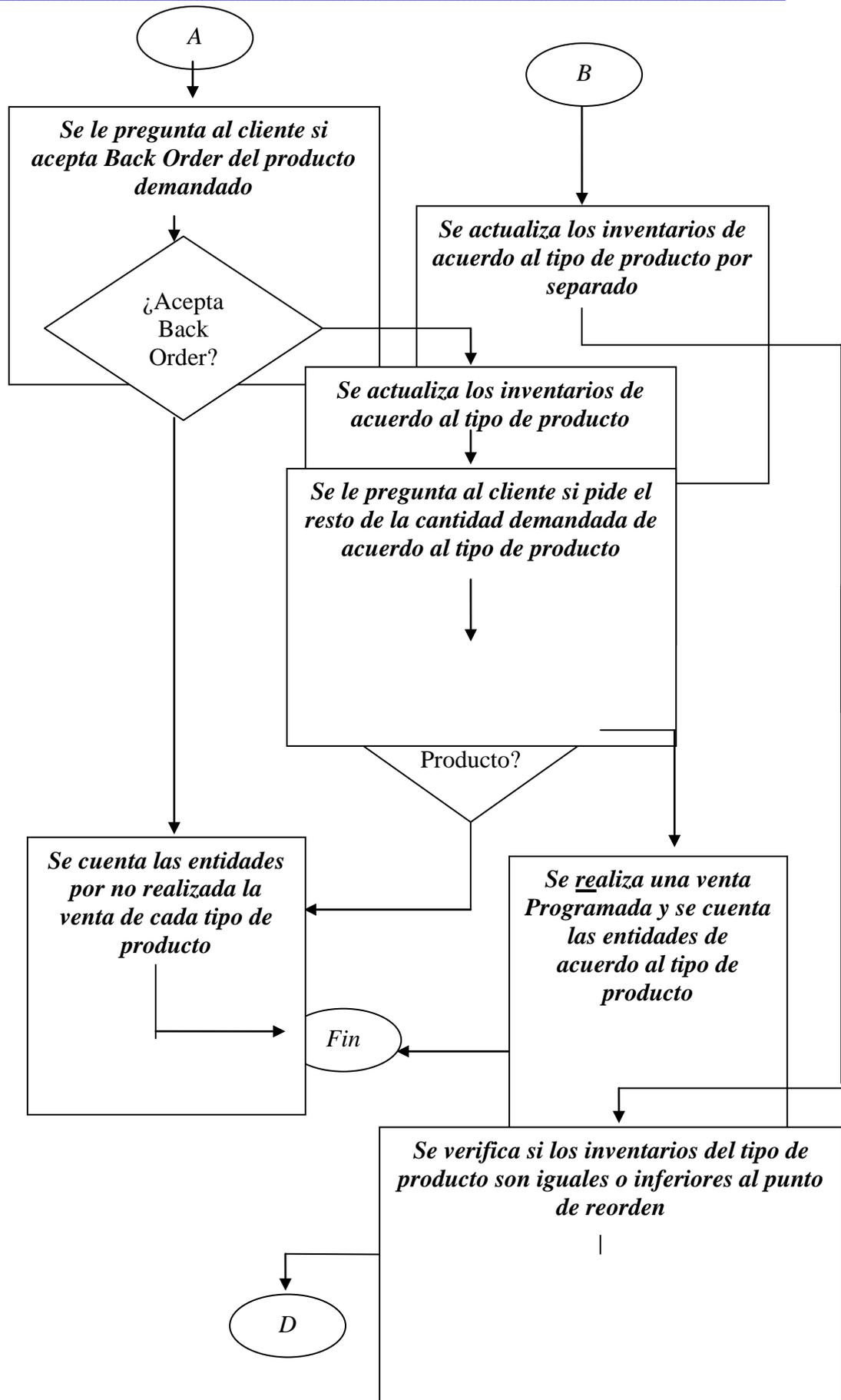
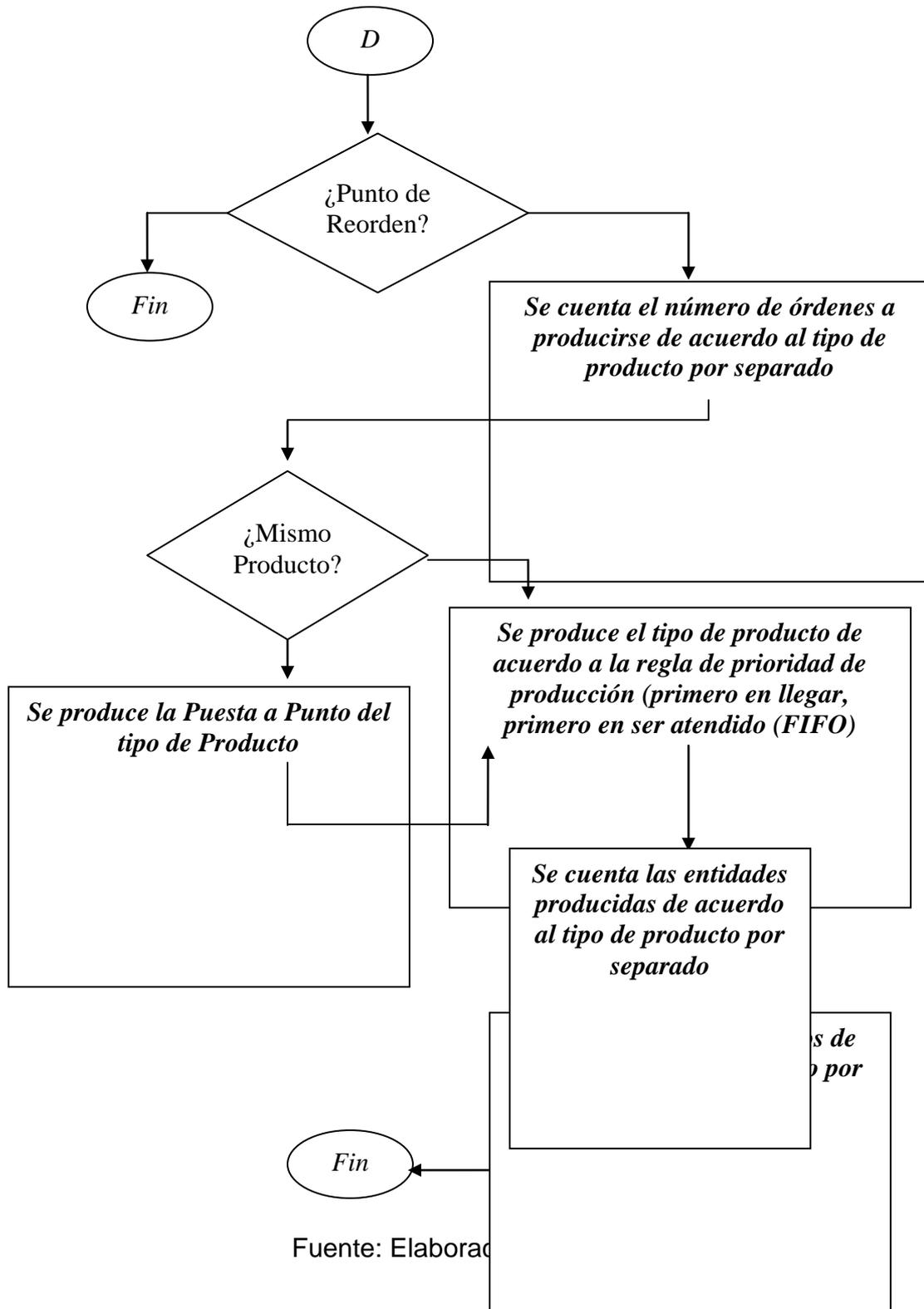


Figura N° 14: ESCENARIO N° 4 Venta Parcial o Total (Back Order) bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO).



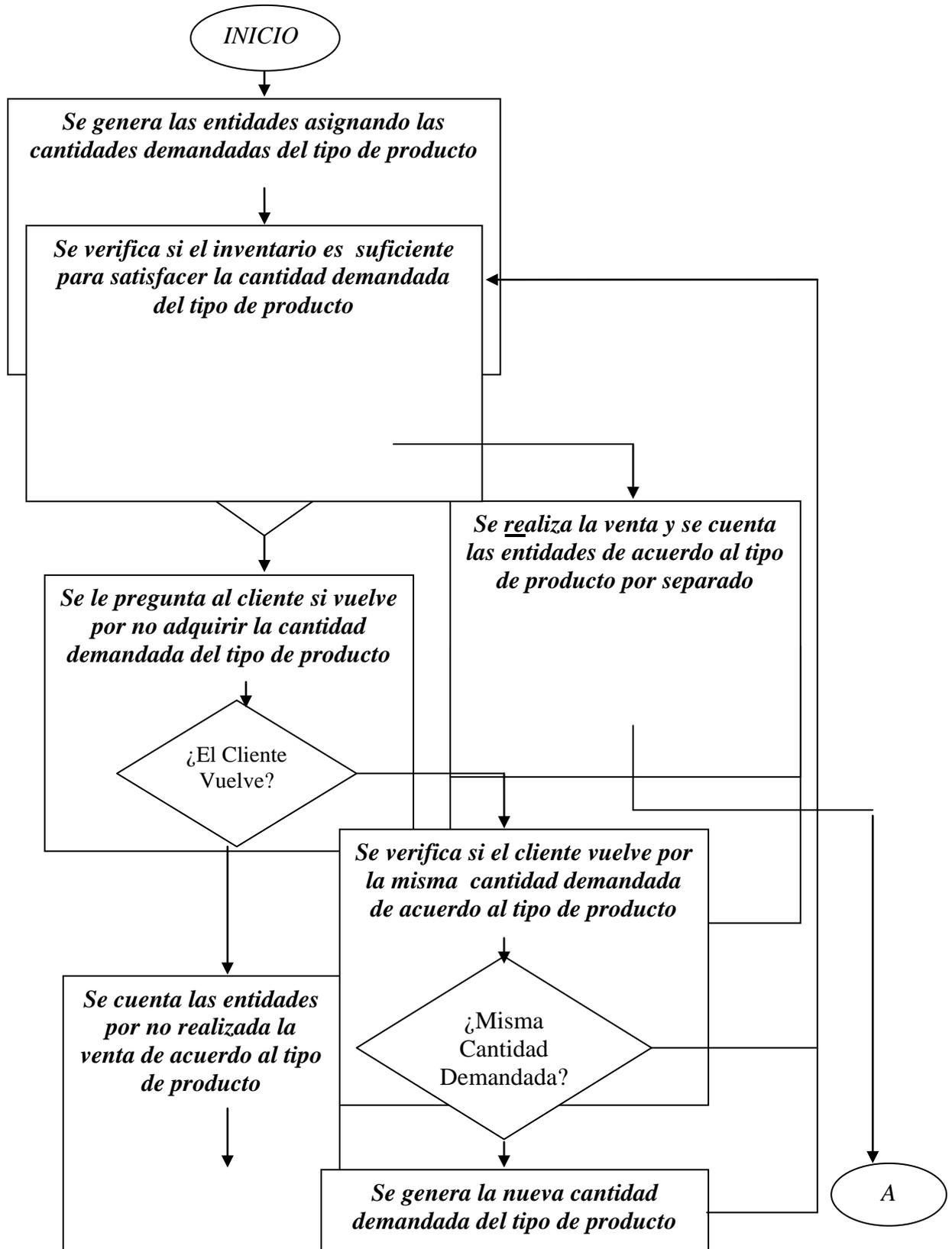


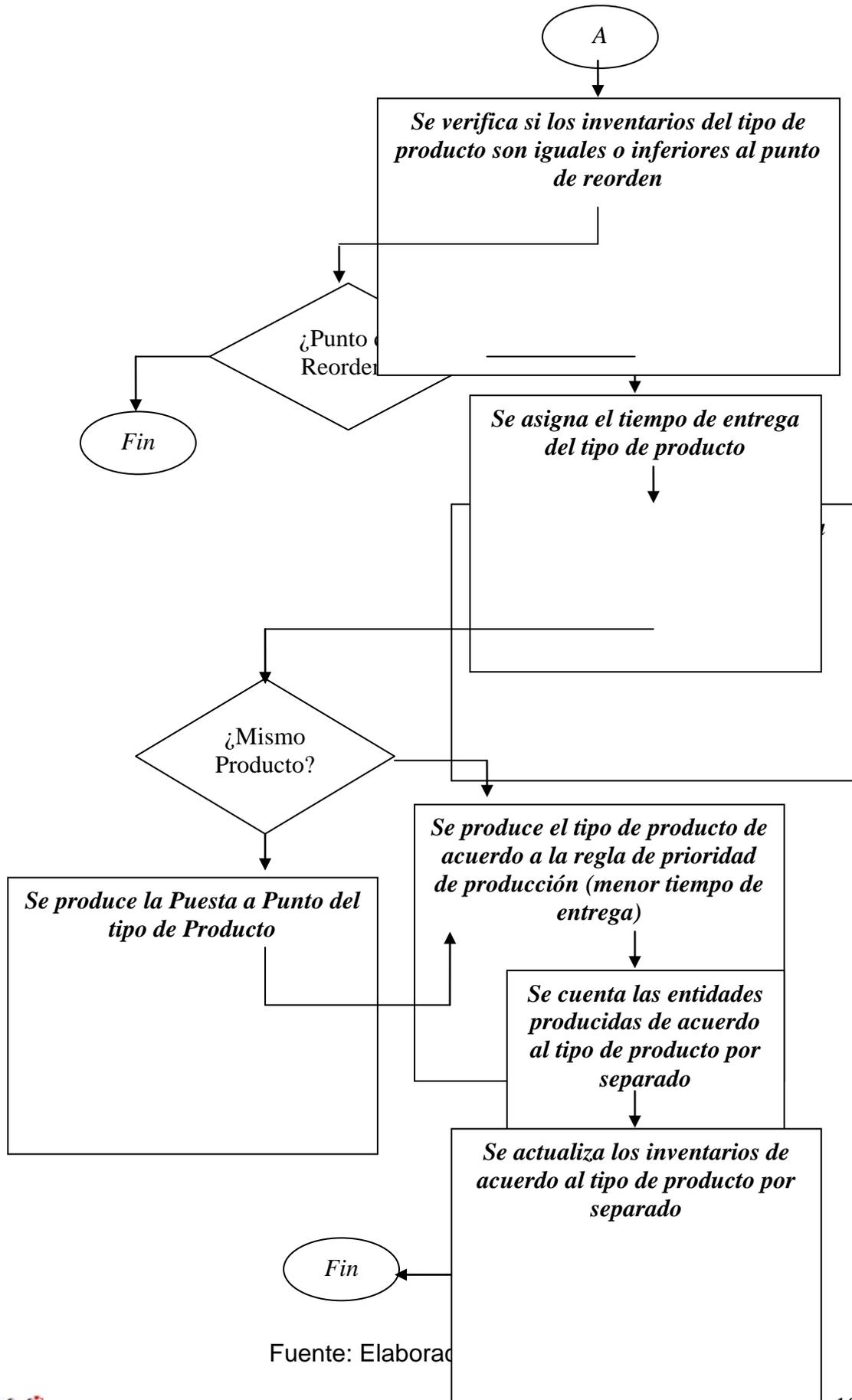


Fuente: Elaborad



Figura N° 15: ESCENARIO N° 5 Venta Inmediata o Diferida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega.

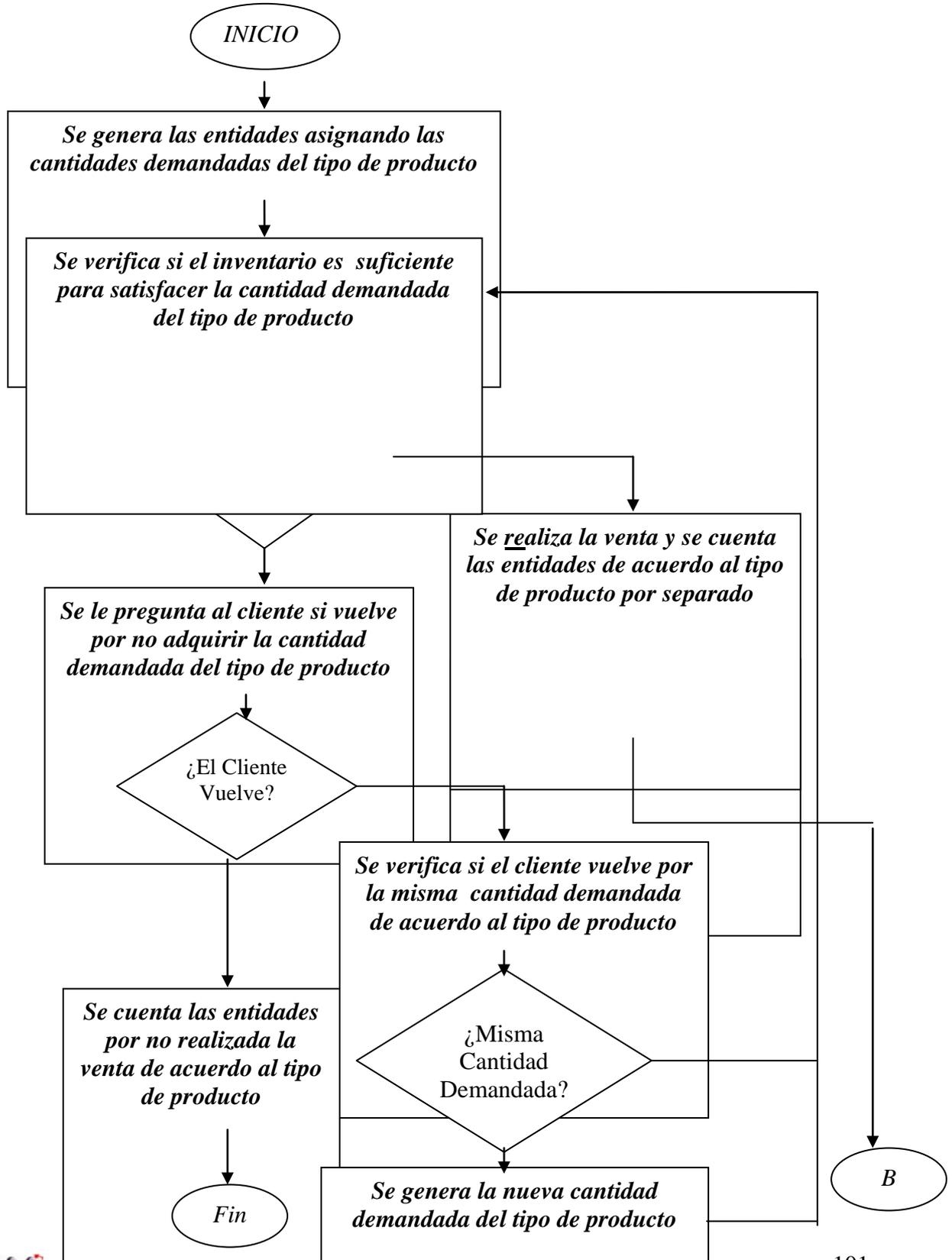


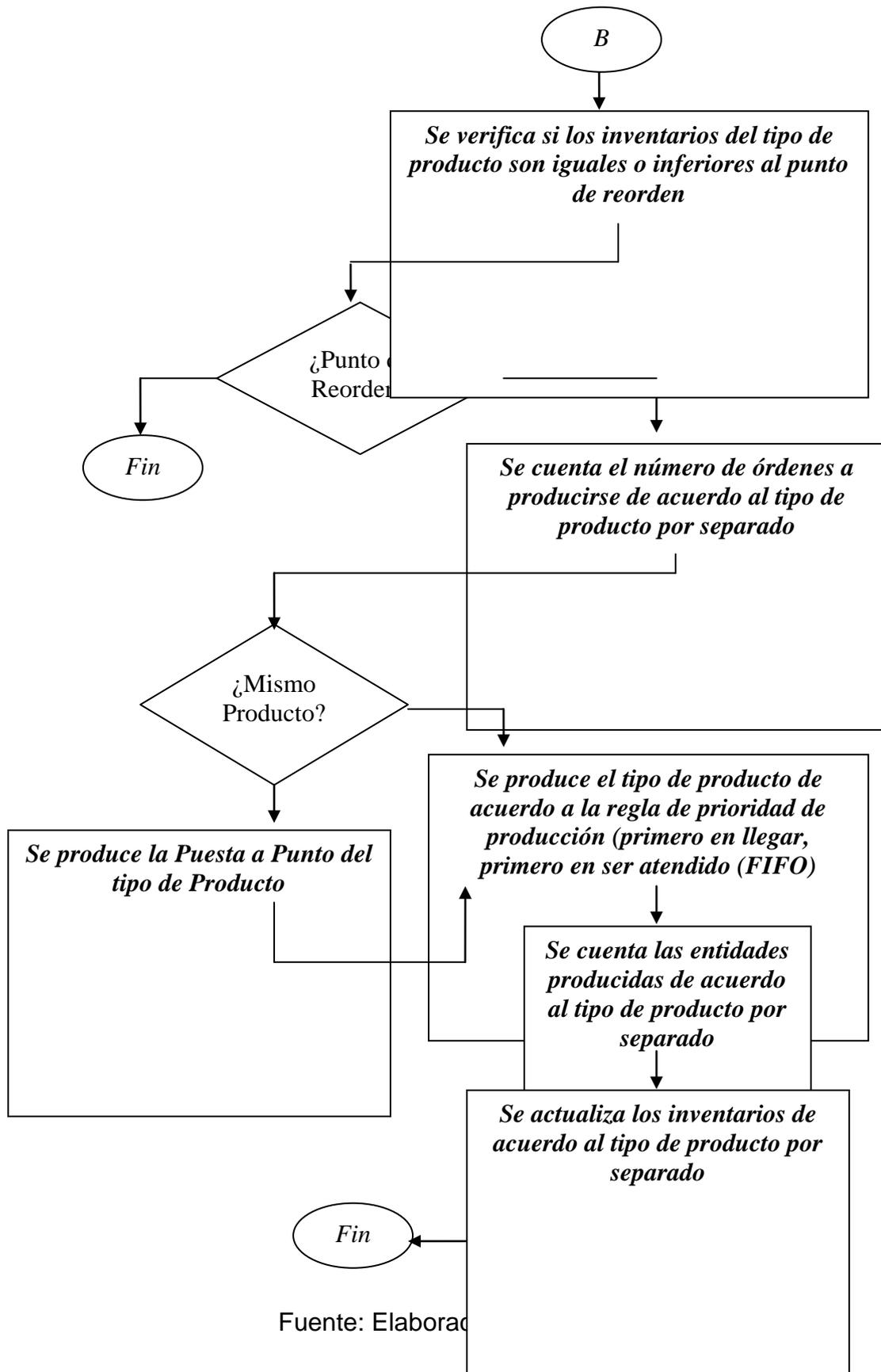


Fuente: Elaboración propia



Figura N° 16: ESCENARIO N° 6 Venta Inmediata o Diferida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO).

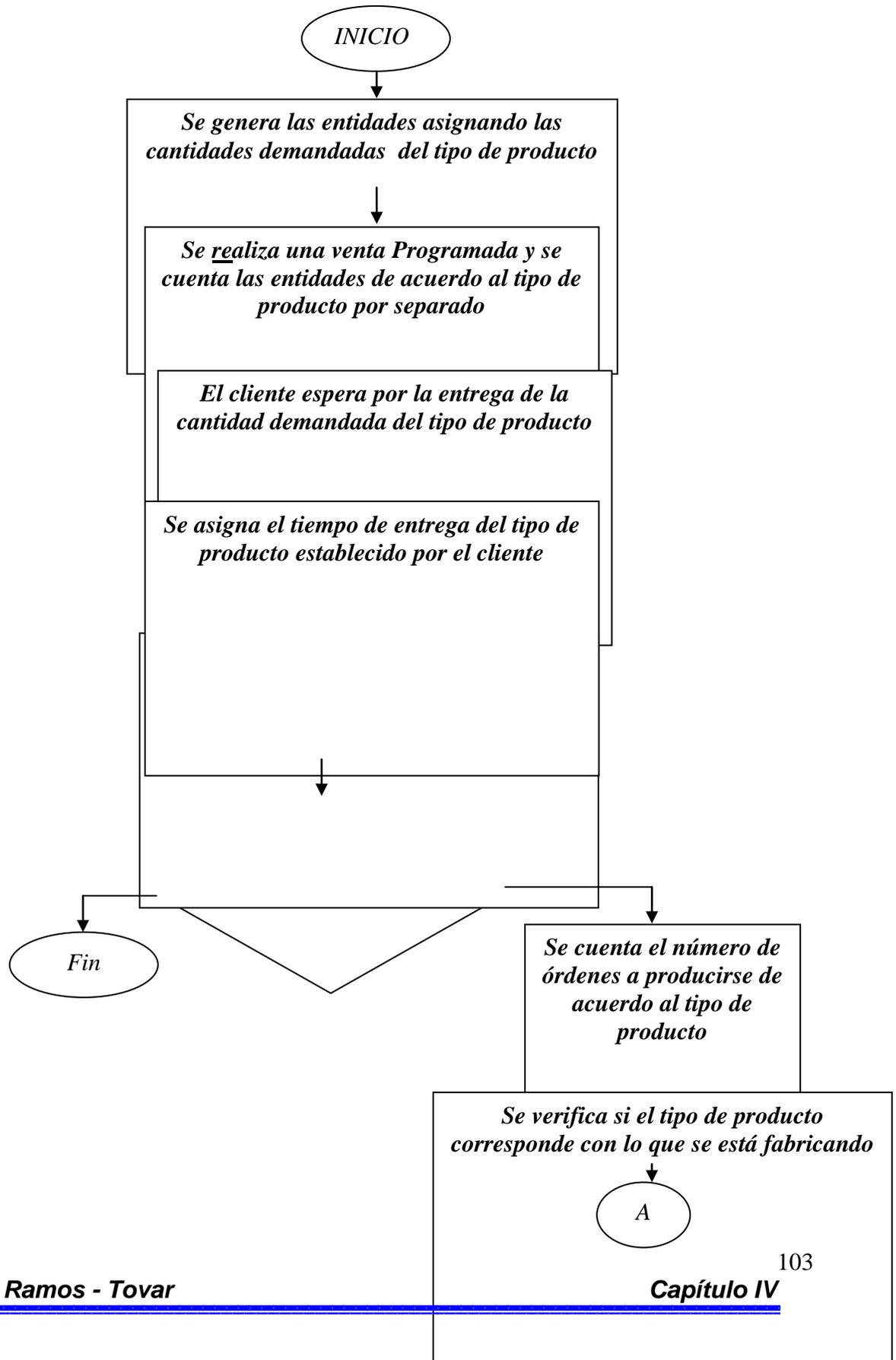




Fuente: Elaboración propia



Figura N° 17: ESCENARIO N° 7 Venta Programada bajo un Sistema de Producción por Pedido y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega.



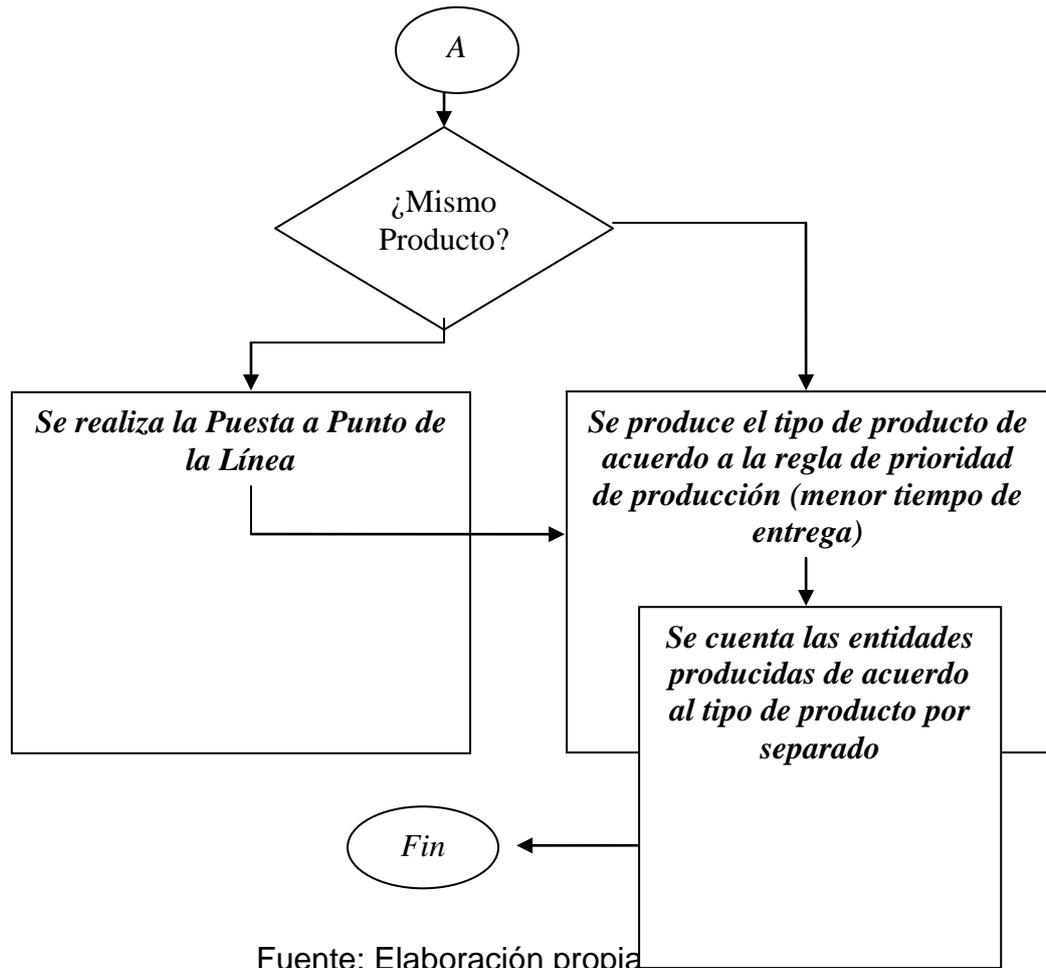
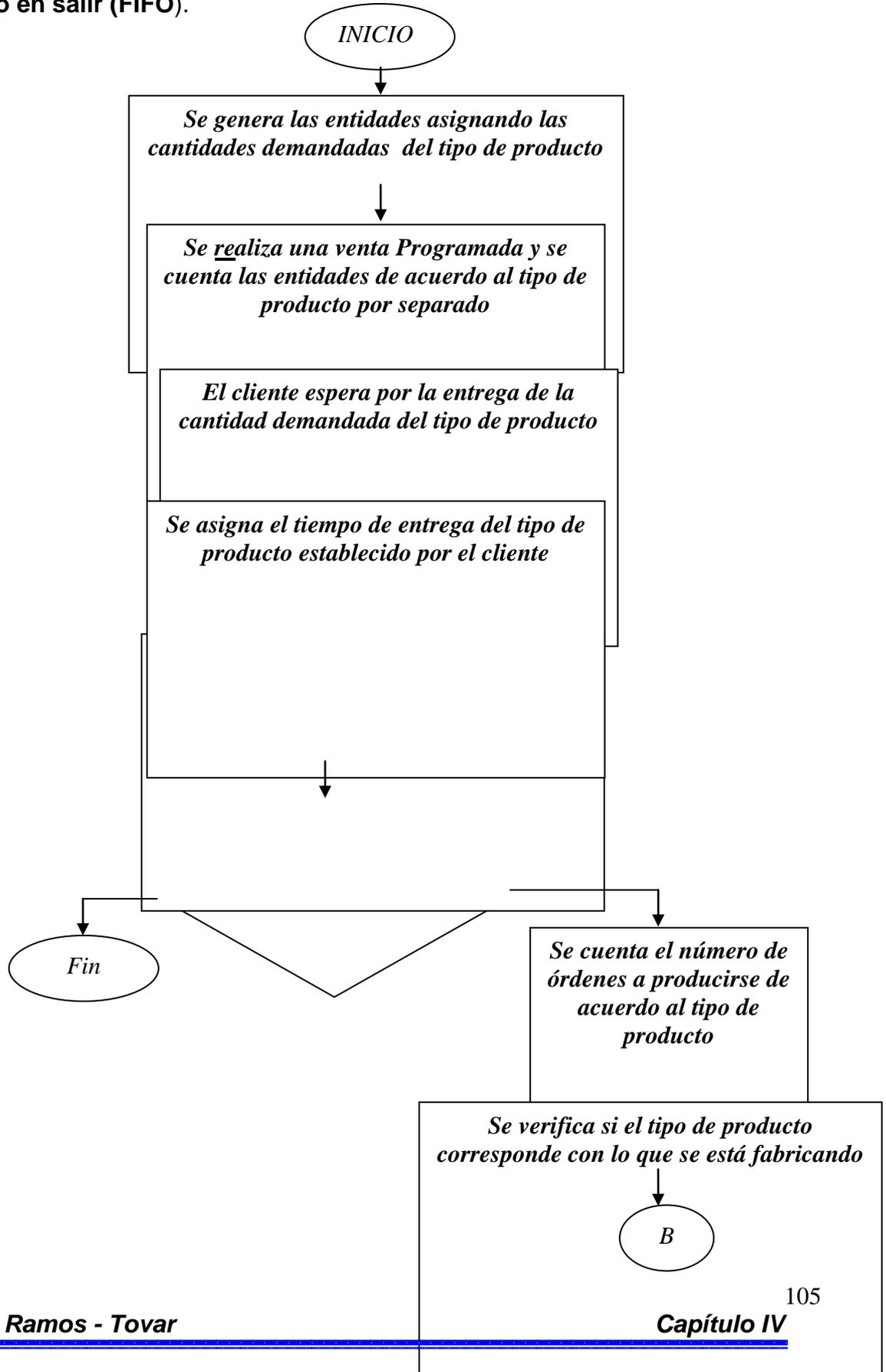
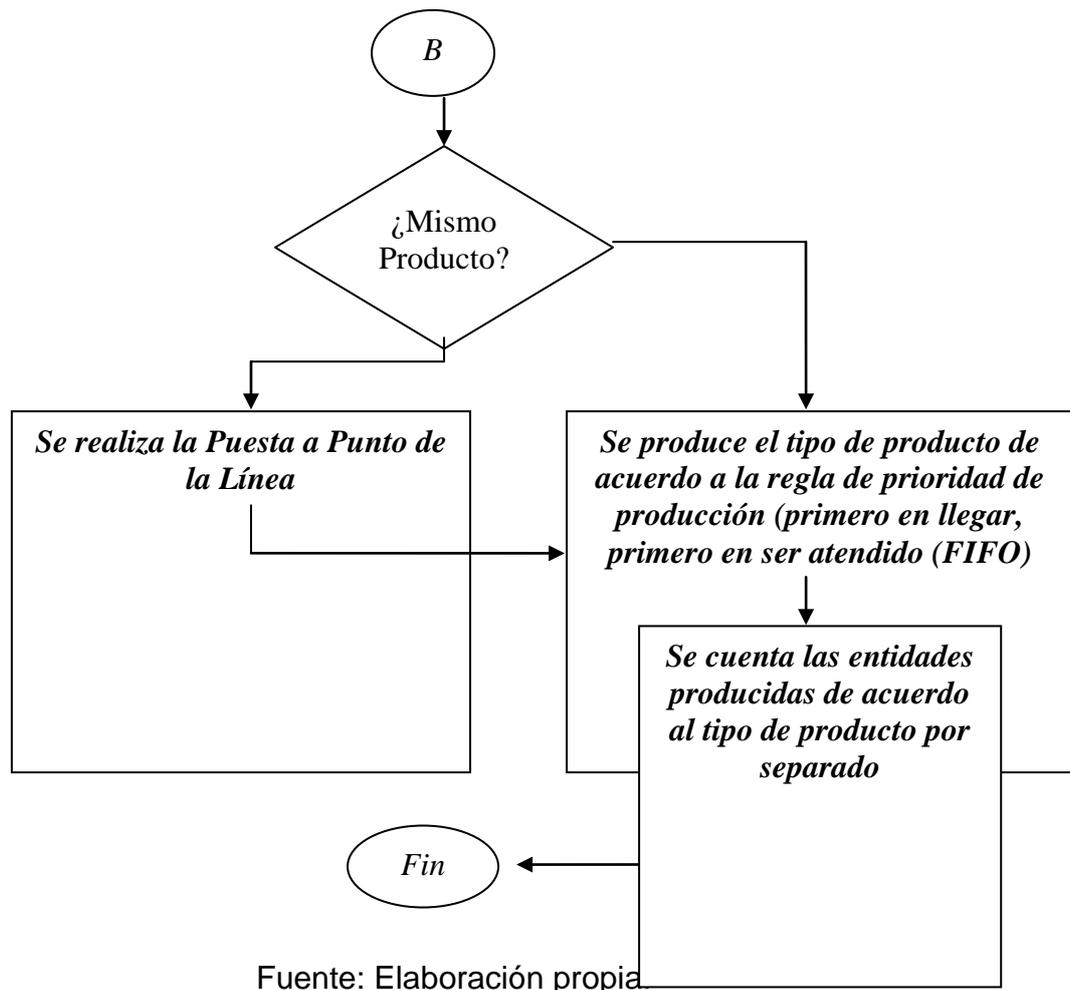




Figura N° 18: ESCENARIO N° 8 Venta Programada bajo un Sistema de Producción por Pedido y utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO).





4.4. VARIABLES DE ENTRADA.

Las variables de entrada para un modelo de simulación son el conjunto de valores definidos por el usuario y que son parte del sistema en estudio. Dichos valores previamente deben ser estudiados para poder ser representables del sistema, los cuales pueden ser recolectados de diferentes maneras:

- ❖ A través de registros históricos.
- ❖ A través de la observación directa.
- ❖ Consultando a un experto.

En muchos casos, cuando no se dispone de suficiente data histórica, se recomienda ajustar los datos de entrada a una distribución Triangular, para el cual



se necesitan tres (3) parámetros: valor mínimo, valor más probable y valor máximo.

Por ejemplo, simular la operación diaria de un banco, los valores iniciales que describen el inicio de la simulación (esto es, el inicio del día) son que todavía no hay clientes en el sistema y, en consecuencia, que todos los pagadores disponibles están ociosos. En contraste, en algunos problemas las condiciones iniciales no están tan fácilmente disponibles o, de hecho, no se conocen.

Es por ello, que para el análisis del sistema es necesario primeramente el análisis de las variables que lo afectan (datos o variables de entradas). Según Fábregas, Wadnihar, Paternina y Mancilla; 2006) el Software Arena, *“contiene un analizador de datos de entrada o Input Analyzer, que es una poderosa herramienta utilizado para determinar qué distribución de probabilidad se ajustan los datos de entrada; también para ajustar una distribución específica a los datos, con el fin de comparar funciones de distribución o de visualizar los efectos de cambios en los parámetros de una misma distribución. Además, el Input Analyzer puede generar grupos de números aleatorios que se pueden analizar a través de la función de ajuste del programa”*.

Los datos procesados en el Input Analyzer, por lo general, representan intervalos de tiempo asociados con un evento de duración aleatoria. Por ejemplo, se pueden usar estas herramientas para analizar el conjunto de datos. Por ejemplo los tiempos entre llegadas, el tiempo de proceso o el tiempo entre fallas sucesivas del sistema, entre otros.

Nota: En el Apéndice N° 3 se explican los pasos a realizar para el análisis estadístico de la data suministrada, para así obtener las variables de entrada de un modelo de simulación.

En la tabla N° 8, se presentan otras variables de entrada considerados en el sistema de estudio, explicando cada una de ellas, con sus respectivos valores y unidades de medición:



Tabla N° 8: Otras Variables de Entrada considerados en el Sistema de Estudio.

| Variable | Significado | Valor | Unidad |
|-------------------------|---|-------------------|----------|
| Tiempo de Espera | Representar el tiempo que tarda el cliente en ir y venir. | 2280 | minutos |
| Capacidad de la Línea | Indicar la capacidad máxima que posee la línea para producir. | 400 | Unidades |
| Aumento | Representa un incremento porcentual del tiempo de operación cuando existe ausencia de trabajadores. | 1.30 | % |
| Producto en Fabricación | Se utiliza para indicar el último producto que se encuentra fabricando en la línea. | 1 (Producto A) | Adm. |

Fuente: Elaboración Propia

4.5. SUPUESTOS A CONSIDERAR.

Para todos los Submodelos, se considerarán una serie supuestos que simplificarán el sistema de estudio. Igualmente, algunos valores se obtendrán de las siguientes formas:

- Asignando valores sobre la base de cómo trabaja el sistema y de lo que sería más probable esperar en el momento correspondiente al inicio de la simulación.
- Consultando con experto en la materia.

Entre los supuestos se tienen:

- ❖ El sistema a estudiar tendrán valores iniciales de Inventario a la Mano, Inventario a la Orden e Inventario Total.
- ❖ La Demanda de los clientes y el tiempo entre llegada de los mismos son valores obtenidos a través de consulta con expertos académicos.



- ❖ El tiempo de entrega será un valor fijo y depende del tipo de producto (A, B o C).
- ❖ El proceso de producción experimenta fallas aleatorias y programadas. Estas pueden ser por maquinarias, materiales o ausentismo, los cuales pueden ocurrir en algún punto en el tiempo. Los tiempos entre fallas y los tiempos de reparación serán definidos de acuerdo a una distribución específica.
- ❖ La política de inventario para las operaciones de almacenamiento tendrá un punto de reorden fija definido.
- ❖ Para el sistema de producción, se va a trabajar con tres (3) productos (A, B y C) y una línea de producción.
- ❖ Para el modelo de simulación, la jornada de trabajo será de 24 horas.
- ❖ Un cliente solo puede regresar 2 veces al sistema, para solicitar algún producto.
- ❖ Un cliente solo puede adquirir un solo tipo de producto, sin importar la cantidad.



4.6. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS

Modelo: Es una representación simplificada de un objeto real, que mantiene sus características esenciales.

Entidades: Representan a los objetos dinámicos de la simulación, las entidades se crean, se mueven y se eliminan. Cada entidad tiene sus características propias o atributos.

Variables: Son información que reflejan alguna característica del sistema. Puede haber muchas, pero cada una es única.

Colas: Son espacios de espera para entidades cuyo movimiento a través del sistema se ha suspendido por algún motivo.

Recursos: Son elementos estacionarios de un sistema donde pueden situarse las entidades. Poseen una capacidad y un conjunto de estados.

Eventos: Son algo que ocurre en cierto instante de tiempo (simulado) que puede cambiar atributos, variables o acumuladores estadísticos.

Sistema de Producción: Un sistema de producción es un conjunto de actividades que realiza una organización, con el fin de convertir insumos en bienes o servicios.

Inventarios: Inventarios son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización.

MTO: Manufacturing to Order, cuando el proceso productivo se realiza contra pedido.



MTS: Manufacturing to Stock, Se fabrica contra algún tipo de stock, en base a previsiones.

Eficiencia: La relación numérica que existe entre la cantidad lograda por un sistema y la máxima cantidad que dicho sistema pueda lograr

Efectividad: La estimación del cumplimiento de objetivos, fines o funciones de un sistema o proceso, sin que exista evaluación numérica o estándares predeterminados

Pronósticos: Proceso de estimación de un acontecimiento futuro, proyectando Hacia el futuro datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro

Indicador: Es una medida de la condición de un proceso o evento en un momento determinado.

Puesta a Punto: Tiempo muerto que es necesario aplicar el las líneas de producción para preparar los elementos necesarios para hacer funcionar la línea de producción.



En esta sección se dará una breve introducción sobre el software de simulación utilizado, se explica la manera como se simulan los factores involucrados en cada uno de los submodelos (demanda, producción y fallas). Así como, la explicación detallada de los submodelos, los cuales serán verificados y validados de manera que puedan ser considerados una representación aproximada del sistema en estudio.

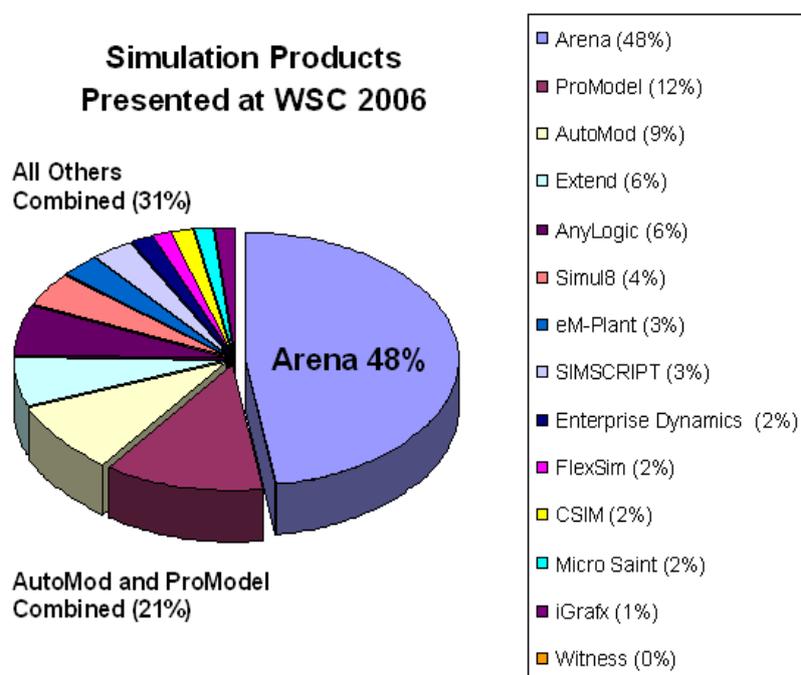
5.1. SOFTWARE UTILIZADO

Hoy en día, existe una diversidad de Software de Simulación (ARENA, SLAM, FlexSim, Promodel, entre otros), sin embargo, el propósito es utilizar un software que de resultados eficientes y efectivos en el área que se este estudiando. Para ello, se evaluaron ciertas características que se necesitan y que son indispensables para la creación de modelos de sistemas simulados. Entre las características, se tienen:

1. Que el software tenga capacidades generales como la posibilidad de cambiar de atributos (variables de entidades), variables globales (variables del sistema), condiciones lógicas, expresiones y funciones matemáticas.
2. Que cuente con una interfase gráfica amigable para así hacer fácil su utilización.
3. Que existan manuales que conocieran el software para poder realizar consultas.
4. Que cuente con buenos reportes tanto estadísticos como gráficos.
6. Que cuente con una apropiada capacidad estadística, ya que un software de simulación debe ser capaz de generar números y variables de forma aleatoria y ser capaz de analizar los datos de entrada (ajuste de curva, Test Chi-Cuadrado, Test Kolmogorov-Smirnof, etc) como de salida (intervalos de confianza, Test estadísticos para comparar diferentes escenarios).

Dadas las anteriores características se concluyo que el Software más apropiado para este trabajo es ARENA de la empresa Rockwell Software, ya que permite entre otros, la simulación de procesos de manufactura y para esto, Arena contiene módulos que se interconectan entre si formando rutas por donde fluye la información. Además según, la Winter Simulation Conference (WSC) el 48% de los trabajos presentados en el área de manufactura en dicha Conferencia usan ARENA como Software de Simulación (ver figura N° 19). Además el más utilizado a nivel mundial por múltiples organizaciones, por su sencillez en la elaboración de configuraciones específicas de simulación para la solución de problemas de cualquier tipo. Gracias a la Winter Simulation Conference (WSC), se pueden conocer los últimos avances de diversos trabajos que utilizan ARENA y otros software de simulación.

Figura N° 19: Porcentaje de Trabajos presentados en la Winter Simulation Conference (WSC) 2006.



Fuente: Rockwell -Arena Simulation.

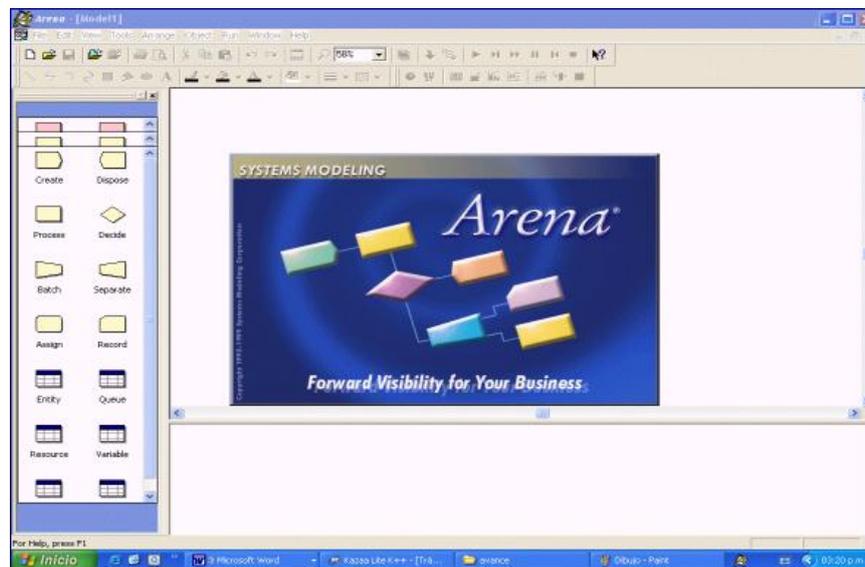


Por último, la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo cuenta con dicho Software (ARENA), en la versión Profesional o Licenciada 5.0 y 8.0. Sin embargo, el mismo se puede encontrar en la versión Académica (V5.0, V7.0 y V10.0), que son exactamente iguales a la versión Profesional pero que se utiliza solo con fines académicos. Para este trabajo se utilizó la versión Profesional 8.0.

5.1.1. Arena

Se utilizó por las facilidades que presenta tanto para el modelador al momento de la creación y análisis de los modelos como para los usuarios; y además porque es la herramienta a la que se puede tener acceso como estudiantes de la Universidad de Carabobo. (Ver figura N° 20)

Figura N° 20: Ventana del Software Arena.



Fuente: Software Arena versión 8.0.

Según Fábregas, Wadnipar, Paternina y Mancilla (2006), Arena “es un software que provee un entorno integrado, provisto de una serie de módulos, patrones y herramientas que permiten crear y correr modelos de simulación en una amplia variedad de campos. Integra en un ambiente comprensible, todas las



funciones necesarias para el éxito de una simulación (animaciones, análisis de entrada y salida de datos y verificación del modelo)”.

Para una organización, Arena ofrece la facilidad de uso, flexibilidad y capacidad de modelado que se requiere para representar cualquier proceso, permitiendo el análisis detallado de los procesos en determinadas funciones, desde los procesos de aprovisionamiento, pasando por el almacenaje, fabricación, logística y distribución, hasta la gestión administrativa y el servicio y atención al cliente.

Para este trabajo, permite un modelo flexible que pueda ser fácilmente manipulado por los usuarios, estos podrán manipular los parámetros a su conveniencia, realizar modificaciones en las variables de entrada, atributos de las entidades, variables en general, expresiones y funciones matemáticas.

5.2. FACTORES INVOLUCRADOS EN LOS SUBMODELOS ESTUDIADOS

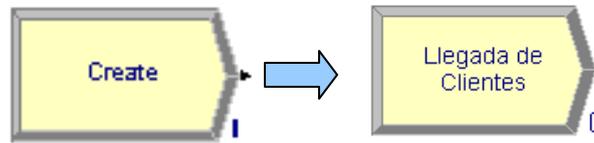
A continuación se explican la manera como se simulan todos los procesos o factores definidos en los submodelos de demanda producción y fallas, los cuales fueron mencionados en el capítulo anterior:

5.2.1. Submodelos de Demanda.

A. Llegada de los Clientes.

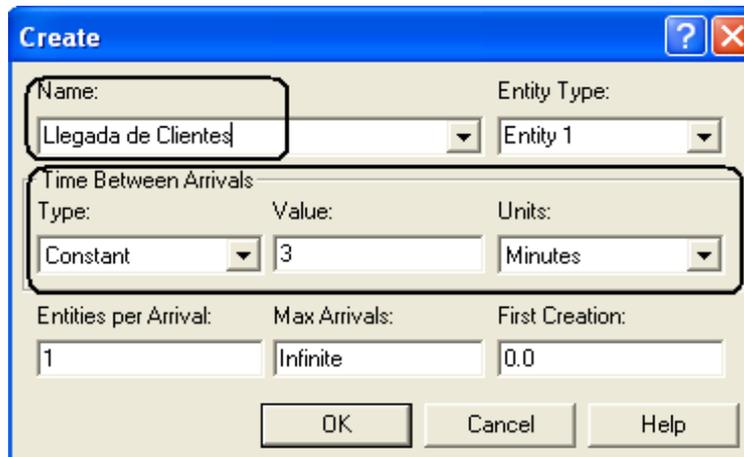
La llegada de los clientes se simula mediante el módulo llamado **CREATE**. Para este trabajo, se denominó “**Llegada de Clientes**” (Figura N° 21), cuyo cuadro de dialogo se muestra en la Figura N° 22. El tiempo entre llegada de los clientes (Time Between Arrivals), es generado de acuerdo a una distribución específica. El valor de esta variable, es declarado por el usuario.

Figura N° 21: Módulo CREATE para la Creación de las Llegadas de los Clientes.



Fuente: Módulo CREATE de Arena

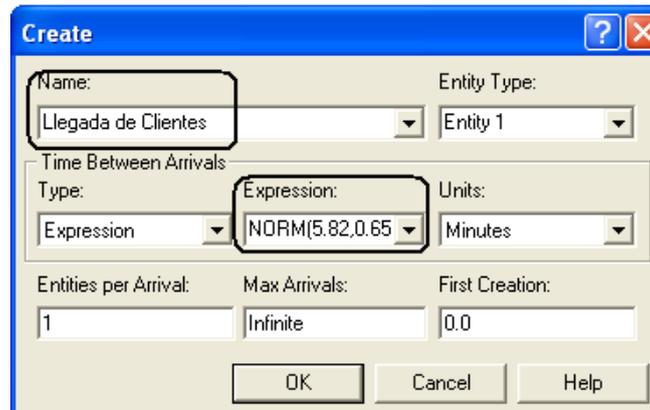
Figura N° 22: Cuadro de Diálogo del Módulo CREATE para la Llegada de Clientes que demandan los Productos.



Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo CREATE de Arena

Ejemplo 3: Considere el caso de los clientes (entidades) que llegan a una organización con un tiempo entre llegadas que obedece a una distribución normal de media 5.82 minutos y a una desviación estándar de 0.65 minutos. (Ver Figura N° 23).

Figura N° 23: Cuadro de Diálogo del Ejemplo 3.

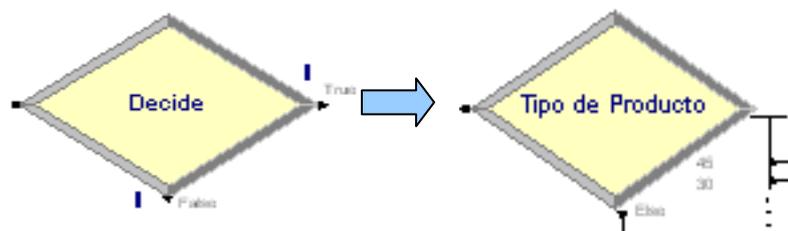


Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo CREATE de Arena

B. Porcentaje Demandado de los Productos.

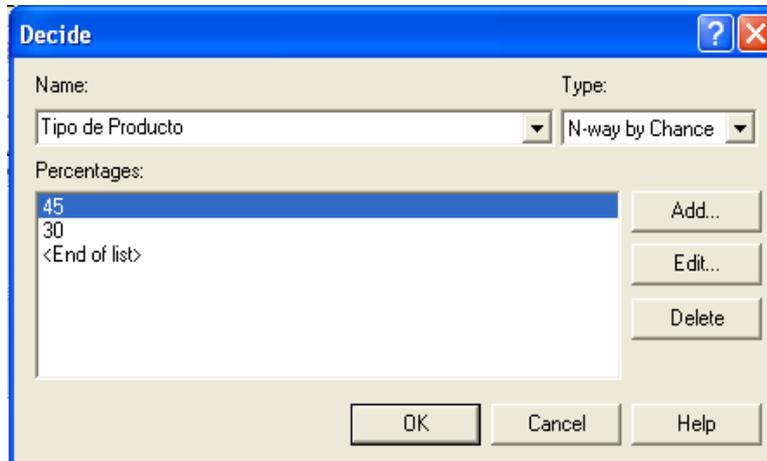
La elección de un producto u otro se simula mediante el módulo **DECIDE**. Esto está basado en la demanda del producto. Para este trabajo, dicho módulo tiene tres (3) opciones, uno para cada tipo de producto (A, B y C), denominado “**Tipo de Producto**”, donde existe un 45% de clientes que demandan el producto A, 30% B y el resto demanda producto C (ver Figura N° 24). El cuadro de dialogo del porcentaje de producto demanda se muestra en la Figura N° 25.

Figura N° 24: Módulos DECIDE para Simular el Tipo de Producto.



Fuente: Módulo DECIDE de Arena

Figura N° 25: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para el chequeo del tipo de entrega que desea el cliente.



Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo DECIDE de Arena

C. Definición del Pedido.

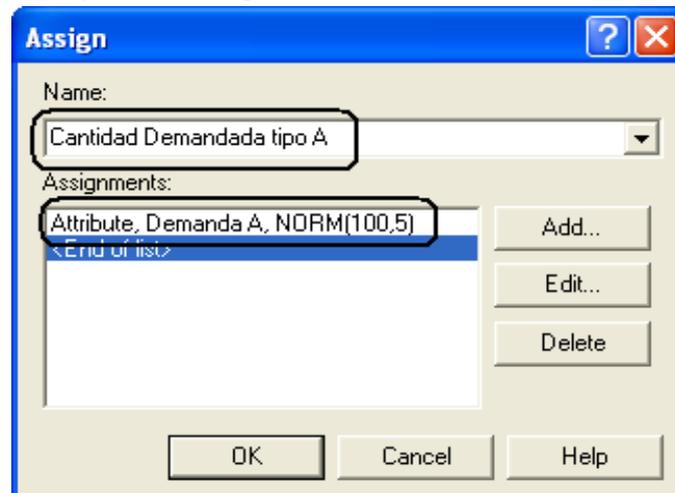
La Definición del Pedido se simula a través del módulo **ASSIGN**, uno para cada tipo de producto. Para este trabajo, los productos A, B y C, fueron denominados “**Demanda A, Demanda B y Demanda C**” (ver Figura N° 26). Cada entidad que llega al sistema tendrá un conjunto de atributos como son: la cantidad demandada denominada Demanda y si el tipo de cliente (para el caso que aplique). El cuadro de dialogo de la Definición del Pedido, se muestran en la Figura N° 27. El atributo de Demanda (A, B y C) se asignará de acuerdo a una distribución determinada.

Figura N° 26: Módulos ASSIGN para la Asignación de los Atributos del Cliente.



Fuente: Módulos ASSIGN de Arena

Figura N° 27: Cuadro de Diálogo del Módulo ASSIGN para la asignación de la Demanda A.

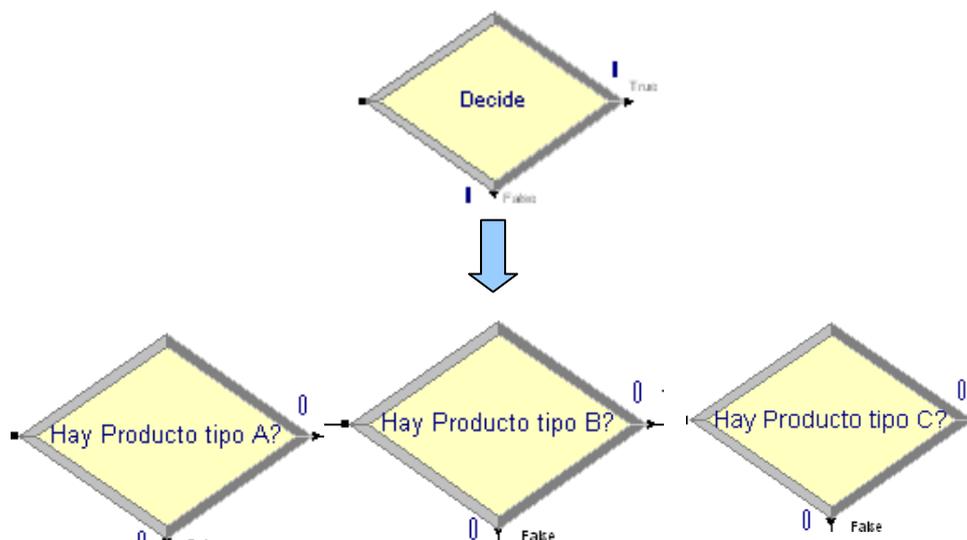


Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo ASSIGN de Arena

D. Verificación de Existencia del Producto.

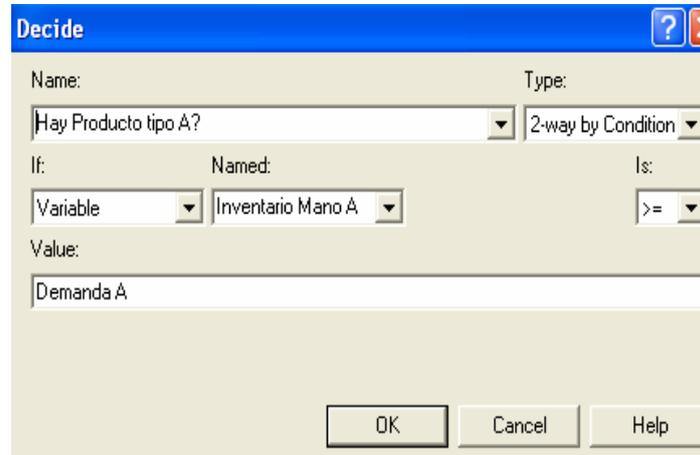
El tipo de entrega se simula mediante el módulo **DECIDE**. Para este trabajo, cada uno de los productos (A, B y C) fueron denominados “**Hay Producto tipo A?**, **Hay Producto tipo B** y **Hay Producto tipo C?**” (ver Figura N° 28), cuyo cuadro de dialogo se muestra en la Figura N° 29.

Figura N° 28: Módulos DECIDE para Simular la Verificación de Existencia.



Fuente: Módulos DECIDE de Arena

Figura N° 29: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para el Chequeo de las Existencias de Productos.

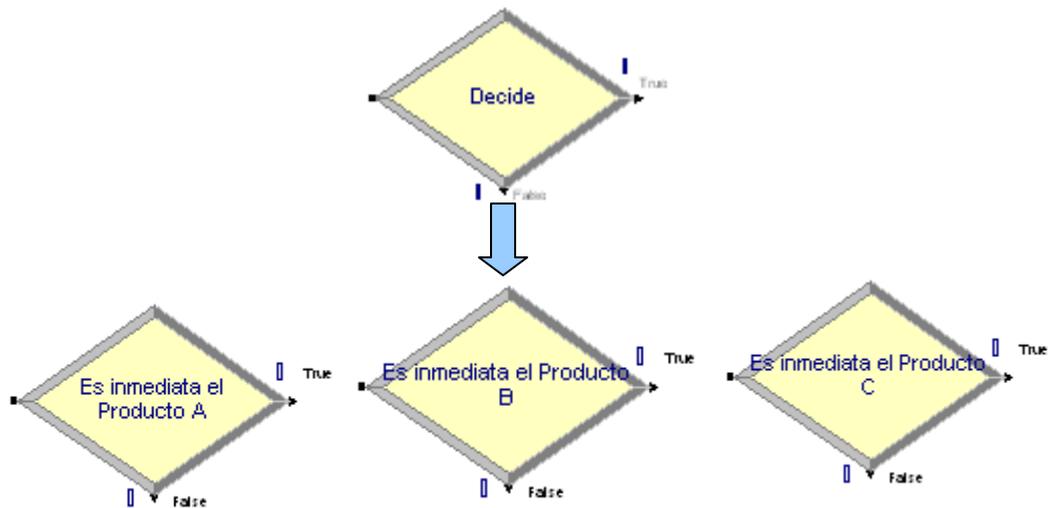


Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo ASSIGN de Arena

C. Tipo de Entrega del Producto.

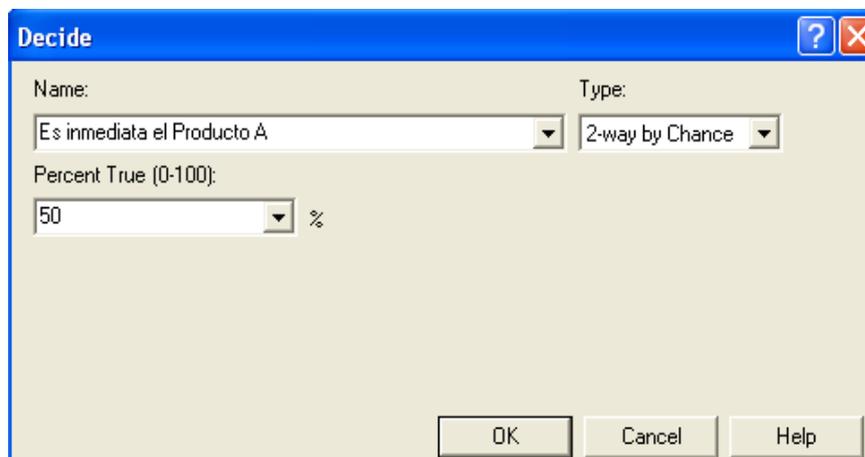
El tipo de entrega se simula mediante el módulo **DECIDE**. Para este trabajo, cada uno de los productos (A, B y C) fueron denominados “**Es inmediata el Producto A?, Es inmediata el Producto B y Es inmediata el Producto C?**” (ver Figura N° 30), cuyo cuadro de dialogo se muestra en la Figura N° 31. En este modulo se pueden producir dos resultados: habrá un porcentaje que deseará la venta inmediata y otros la venta programada.

Figura N° 30: Módulos DECIDE para Simular el Tipo de Entrega de los Productos.



Fuente: Módulo DECIDE de Arena

Figura N° 31: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para el chequeo del tipo de entrega que desea el cliente.



Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo DECIDE de Arena

F. Ventas.

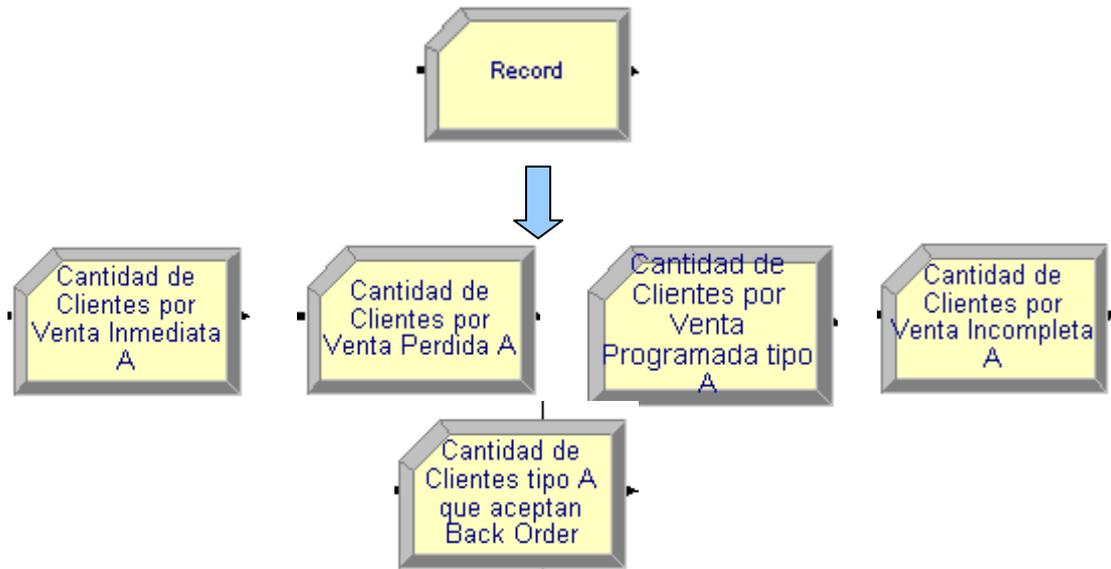
La contabilización de las ventas de productos y de la cantidad de clientes que realizan dichas ventas, se simula mediante los módulos **RECORD** y **ASSIGN** respectivamente. Para este trabajo, cada uno de los productos (A, B y C) y cada tipo de venta (inmediata, incompleta y perdida) fueron denominados: “**Venta Inmediata A**”, “**Cantidad de Clientes por Venta Inmediata A**”, “**Venta Inmediata B**”, “**Cantidad de Clientes por Venta Inmediata B**”, “**Venta Inmediata C**”, “**Cantidad de Clientes por Venta Inmediata C**”, “**Venta Perdida A**”, “**Cantidad de Clientes por Venta Perdida A**”, “**Venta Perdida B**”, “**Cantidad de Clientes por Venta Perdida B**”, “**Venta Perdida C**”, “**Cantidad de Clientes por Venta Perdida C**”, “**Venta Incompleta A**”, “**Cantidad de Clientes por Venta Incompleta A**”, “**Venta Incompleta B**”, “**Cantidad de Clientes por Venta Incompleta B**”, “**Venta Incompleta C**”, “**Cantidad de Clientes por Venta Incompleta C**”, “**Cantidad de Clientes tipo A que aceptan Back Order**”, “**Cantidad de Clientes tipo B que aceptan Back Order**” y “**Cantidad de Clientes tipo C que aceptan Back Order**” (ver Figura N° 32 y 33). El cuadro de dialogo de la contabilización de las ventas de productos y la cantidad de clientes que realizan las respectivas ventas, se muestran en la Figura N° 34 y 35 respectivamente.

Figura N° 32: Módulo ASSIGN para la contabilización de las ventas de producto A y la cantidad de clientes tipo A que realizan dichas ventas.



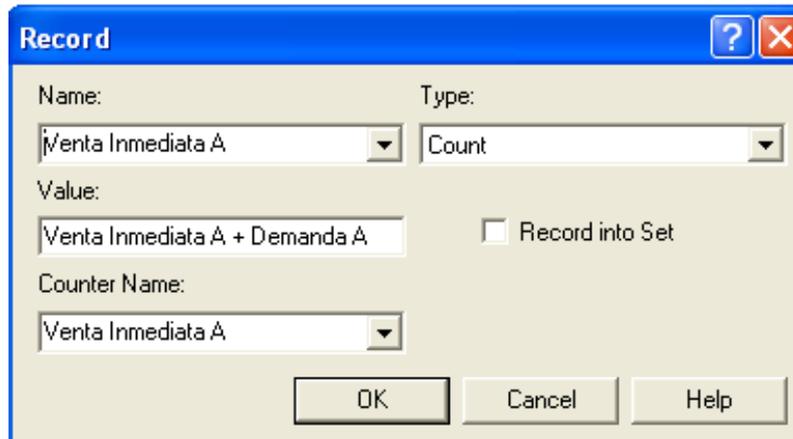
Fuente: Módulos ASSIGN de Arena

Figura N° 33: Módulo RECORD para la contabilización de las ventas de A y la cantidad de clientes tipo A que realizan dichas ventas.



Fuente: Módulos RECORD de Arena

Figura N° 34: Cuadro de diálogo del Módulo RECORD para contabilizar la venta inmediata tipo A.



Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo RECORD de Arena

Figura N° 35: Cuadro de diálogo del Módulo RECORD para contabilizar la cantidad de clientes tipo A que realizan venta inmediata.



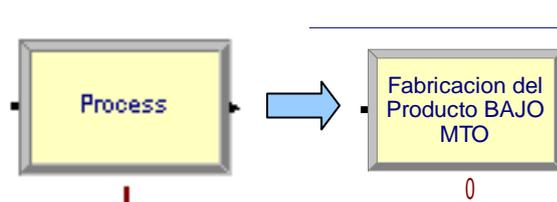
Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo RECORD de Arena

5.2.2. Submodelos de Producción.

A. Fabricación del Pedido de acuerdo a las Reglas de Prioridad.

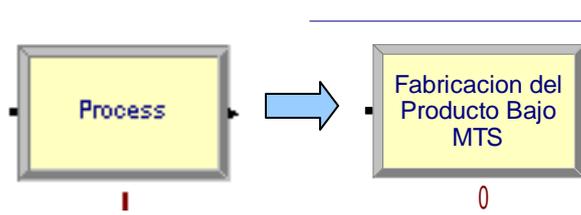
El proceso de fabricación o producción se simula mediante el módulo **PROCESS**. Para este trabajo, se estudiarán dos (2) sistemas de producción (fabricación bajo pedido y fabricación continua), en cuyo caso se denominaron “Fabricación del Producto Bajo MTO” y “Fabricación del Producto Bajo MTS” respectivamente (Figura N° 36 y 37). El cuadro de dialogo se muestra en la Figura N° 38, donde se asigna el tiempo de producción de la línea para la fabricación del pedido y los respectivos recursos utilizados en dicha línea (materiales, maquinaria y personal).

Figura N° 36: Módulo PROCESS para la fabricación del producto bajo pedido.



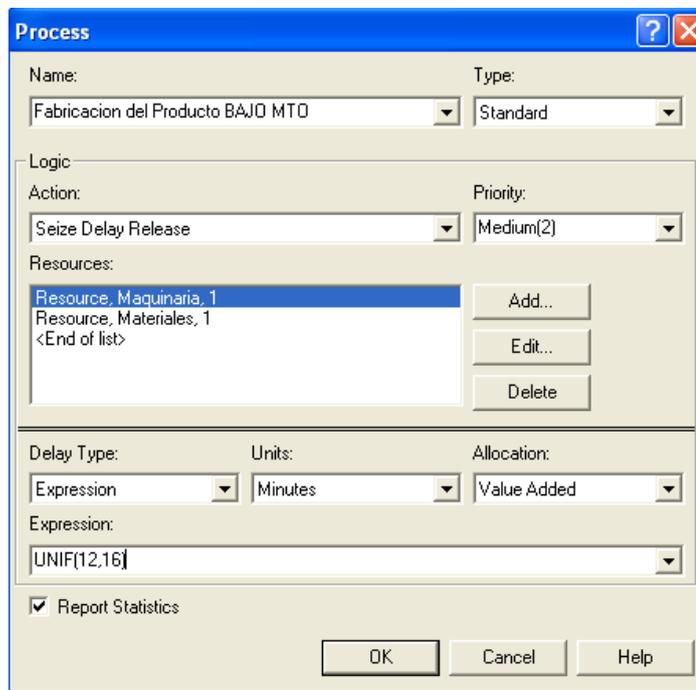
Fuente: Módulos PROCESS de Arena

Figura N° 37: Módulo PROCESS para la fabricación Continúa o bajo Stock.



Fuente: Módulos PROCESS de Arena.

Figura N° 38: Cuadro de Diálogo del Módulo PROCESS para la fabricación del producto bajo pedido.



Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo PROCESS de Arena

B. Reglas de Prioridad para Producir.

Las reglas de prioridad para producir se simulan mediante la casilla **QUEUE**. Esto depende del sistema que utilice la organización, esto es simplemente, definir si es fabricación bajo pedido o fabricación continua. Para este trabajo, se estudiaron ambos sistemas (Figura N° 39 y 40), cuyo cuadro de

dialogo se muestra en la Figura N° 41, donde se asigna la regla de prioridad de para la elaboración del producto.

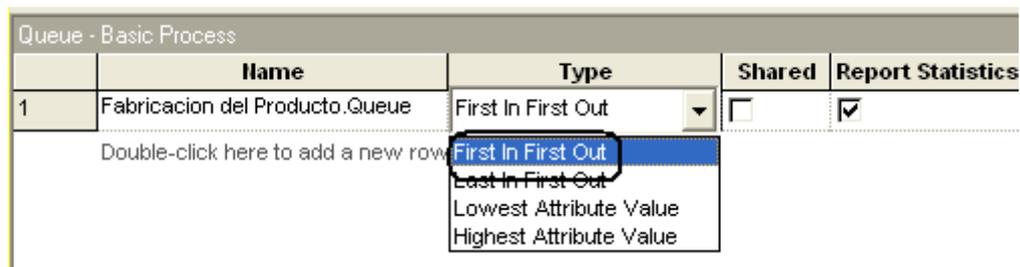
Nota: para visualizar como se genera esta casilla, utilice el manual de instrucciones del capítulo VI.

Figura N° 39: Casilla QUEUE.



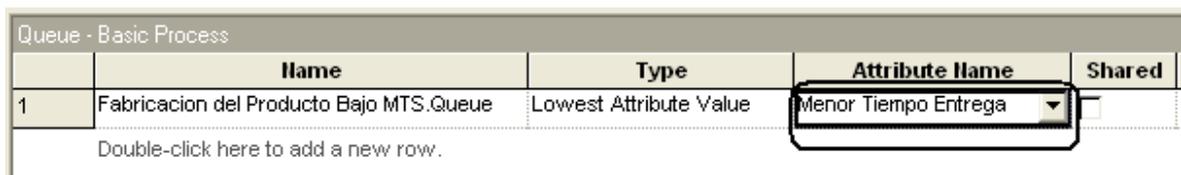
Fuente: Caja de Diálogo del Módulo QUEUE del Arena

Figura N° 40: Cuadro de Diálogo de la casilla QUEUE para la asignación de la regla de prioridad (FIFO) de producción de los tipos de productos.



Fuente: Caja de Diálogo del Módulo QUEUE del Arena

Figura N° 41: Cuadro de Diálogo de la casilla QUEUE para la asignación de la regla de prioridad (Menor Tiempo de Entrega) de producción de los tipos de productos.

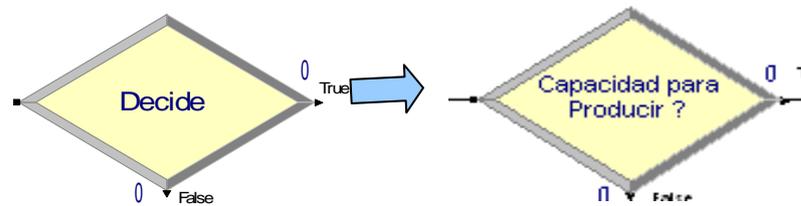


Fuente: Caja de Diálogo del Módulo QUEUE del Arena

C. Tiempo de Procesamiento.

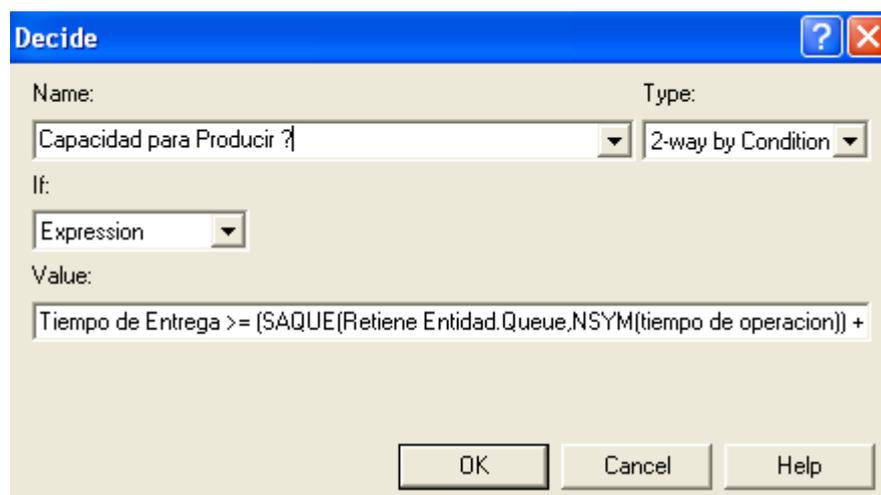
El tiempo de procesamiento se simula mediante el módulo **DECIDE**. Esto depende del tiempo de fabricación y de la cantidad en cola de los clientes que falta por entregar el producto solicitado. Comparando lo anterior con el tiempo de entrega del cliente y verificar, de esta manera, que el pedido se puede fabricar. Lo anterior se evaluará, para todos los productos (A, B y C) con el módulo denominado “**Tiempo de Procesamiento**” (Figura N° 42), cuyo cuadro de dialogo se muestra en la Figura N° 43.

Figura N° 42: Módulos DECIDE para Simular la Capacidad de la Línea.



Fuente: Módulos DECIDE de Arena

Figura N° 43: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para el chequeo del tiempo de entrega del producto con respecto a la capacidad de producción.



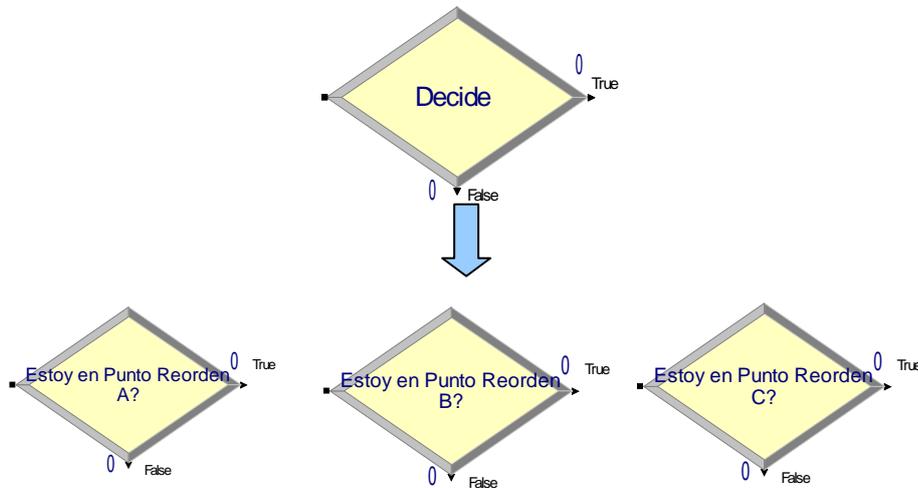
Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo DECIDE de Arena



C. Nivel o Punto de Reorden.

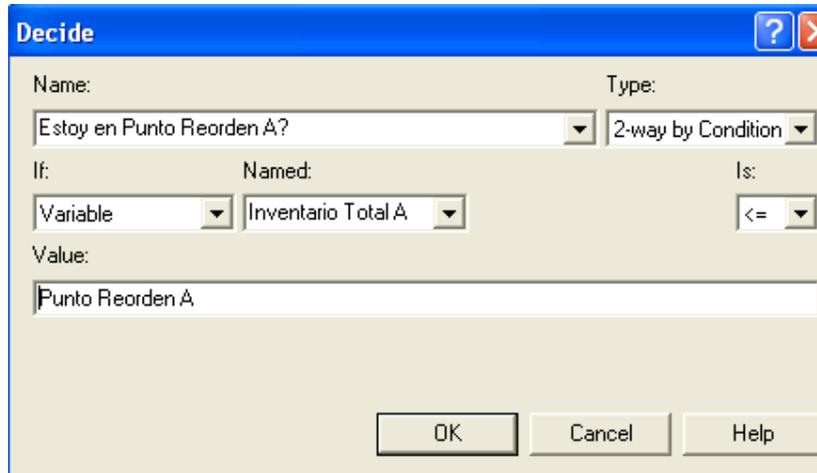
El nivel de reorden se simula mediante el módulo **DECIDE**. Esto se realiza para chequear la cantidad que se tiene de inventario total con respecto a un nivel o punto de reorden definido y así, activar la producción de un tipo de producto, con el fin de asegurar la satisfacción de los clientes y evitar escasez del producto. Esto sólo es valido para todos los escenarios, excepto los escenarios 7 y 8. Lo anterior se simuló, realizando una pregunta para cada uno de los productos (A, B y C) con los módulos denominado “**Estoy en Punto Reorden A?**”, “**Estoy en Punto Reorden B?**” y “**Estoy en Punto Reorden C?**” (Figura N° 44), cuyo cuadro de dialogo se muestra en la Figura N° 45.

Figura N° 44: Módulos DECIDE para Simular el Punto de Reorden.



Fuente: Módulos DECIDE de Arena

Figura N° 45: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para el chequeo del Nivel o Punto de Reorden.

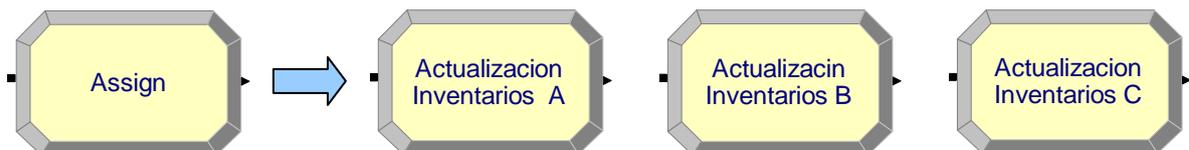


Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo DECIDE de Arena

D. Actualización de los Inventarios.

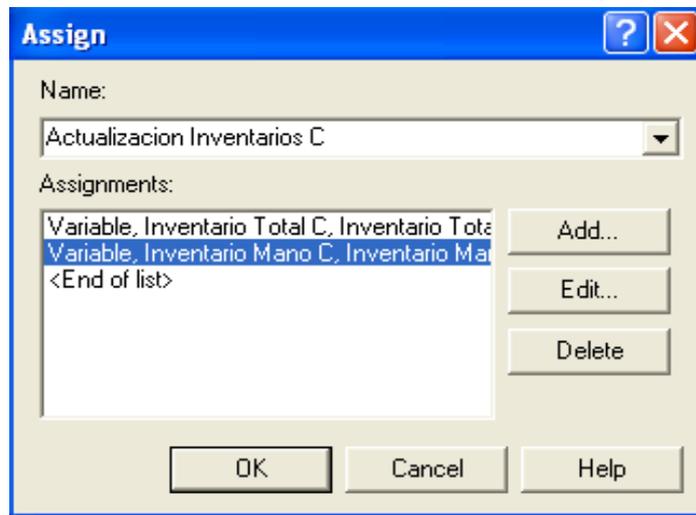
La actualización de inventarios se simula a través del módulo **ASSIGN**. Esto es aumentar el inventario total, en tantas unidades como productos se envíen a producción. Y una vez que se fabriquen dichos productos, se aumenta el inventario a la mano. Para este trabajo, se realizó para cada uno de los productos (A, B y C), con los módulos denominados “**Actualización Inventarios A, Actualización Inventarios B y Actualización Inventarios C**” (ver Figura N° 46). El cuadro de dialogo de actualización de inventarios, se muestran en la Figura N° 47, se asignará de acuerdo a la variable correspondiente (inventario total e inventario a la mano) el incremento de estos.

Figura N° 46: Módulos ASSIGN para la Actualización de Inventarios.



Fuente: Módulos ASSIGN de Arena

Figura N° 47: Cuadro de Diálogo del Módulo ASSIGN para la actualización del Inventario del producto C.

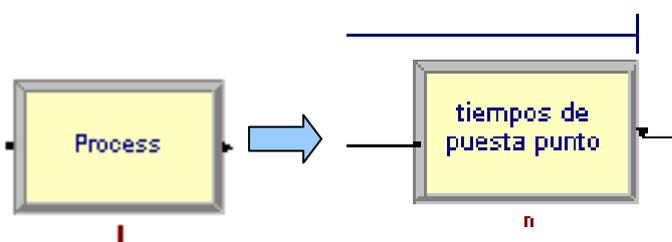


Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo ASIGN de Arena

E. Tiempo de Puesta a Punto.

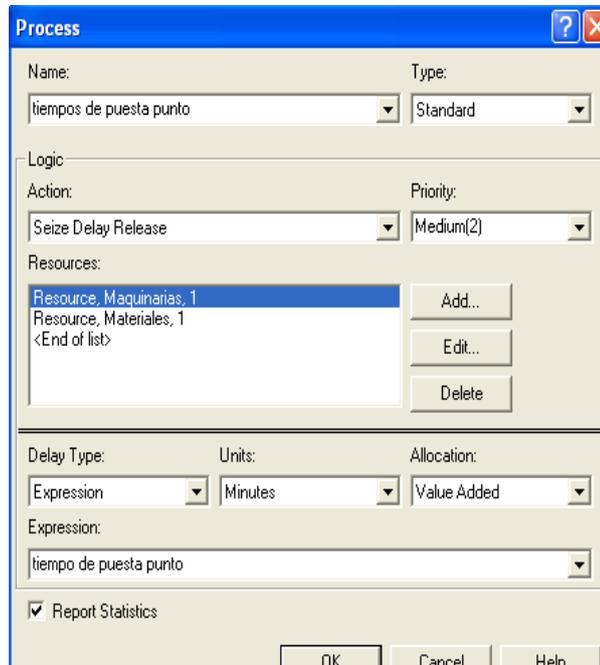
El tiempo de puesta a punto simula a través del módulo **PROCESS**. Esto se realiza en las organizaciones, bien sea para cambiar una herramienta, para el cambio del proceso de fabricación de un producto, etc. Para este trabajo se denomina “**tiempo de puesta a punto**” (Figura N° 48), cuyo cuadro de dialogo se muestra en la Figura N° 49, donde se asigna el tiempo que tarda en hacerse la operación y los recursos necesarios para la realización de la misma.

Figura N° 48: Módulo PROCESS para el Proceso de Puesta a Punto.



Fuente: Módulos PROCESS de Arena

Figura N° 49: Cuadro de diálogo del Módulo PROCESS para el Proceso de Puesta a Punto.



Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo PROCESS de Arena

5.2.3. Submodelo de Fallas.

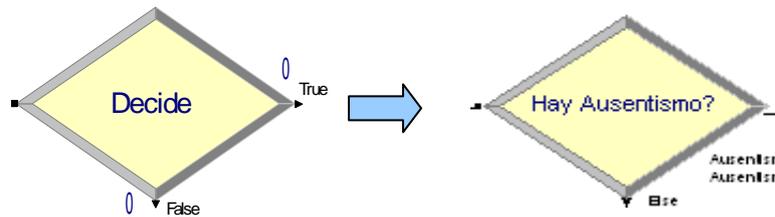
A. Verificación del Ausentismo.

La verificación del ausentismo se simula mediante el módulo **DECIDE**. Para este trabajo se denominó “**Hay Ausentismo?**” (Figura N° 50), cuyo cuadro de dialogo se muestra en la Figura N° 51. En este módulo pueden ocurrir dos (2) resultados:

- ❖ Si la variable Ausentismo es igual a cero (0), significa que no existe ausencia de personal y el pedido pasará al proceso de fabricación. Pudiendo ocurrir o no alguna de las otras dos (2) fallas (por materiales o maquinarias).

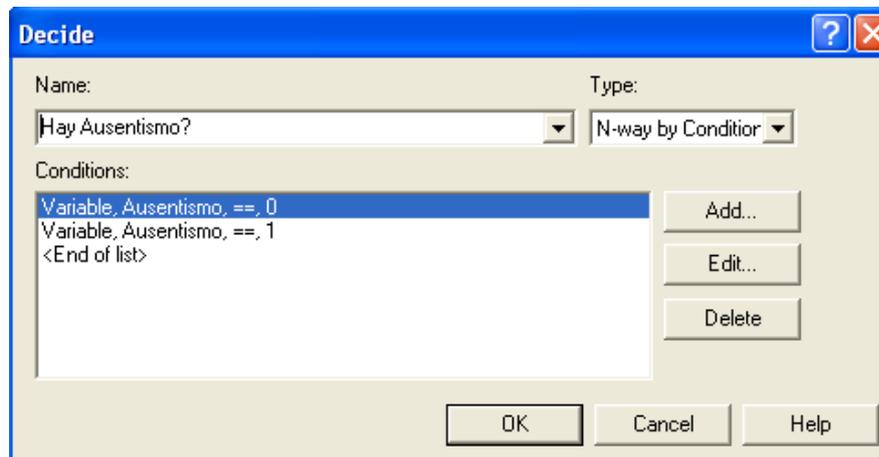
- ❖ Si la variable Ausentismo es igual a uno (1), significa que existe ausencia de personal, teniendo que asignar un nuevo tiempo de operación, pues la fabricación del pedido no se realiza con la cantidad necesaria de trabajadores en la línea. Esto se hace a través de la variable Aumento y Tiempo de Operación. Adicionalmente pueden ocurrir o no alguna de las otras dos (2) fallas (por materiales o maquinarias).

Figura Nº 50: Módulo DECIDE para la Verificación del Ausentismo.



Fuente: Módulos DECIDE de Arena

Figura Nº 51: Cuadro de diálogo del Módulo DECIDE para la verificación del ausentismo.



Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo DECIDE de Arena

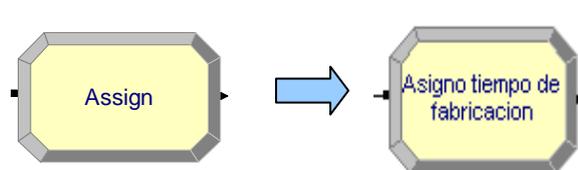
B. Asignación del Tiempo de Operación.

La asignación del tiempo de operación se simula mediante el módulo **ASSIGN**. Para este trabajo se denominó “**Asigno tiempo de fabricación**”, (Figura N° 52) cuyo cuadro de dialogo se muestra en la Figura N° 53. Donde la variable tiempo de operación del proceso se multiplicará por la variable Aumento y así obtener el nuevo tiempo de operación, cuando existe la falla de ausentismo.

En caso que el valor de ausentismo sea mayor que uno (1), el proceso de fabricación se detiene automáticamente, pues no va a existir la cantidad de trabajadores suficiente para poder realizar las operaciones de fabricación del producto específico.

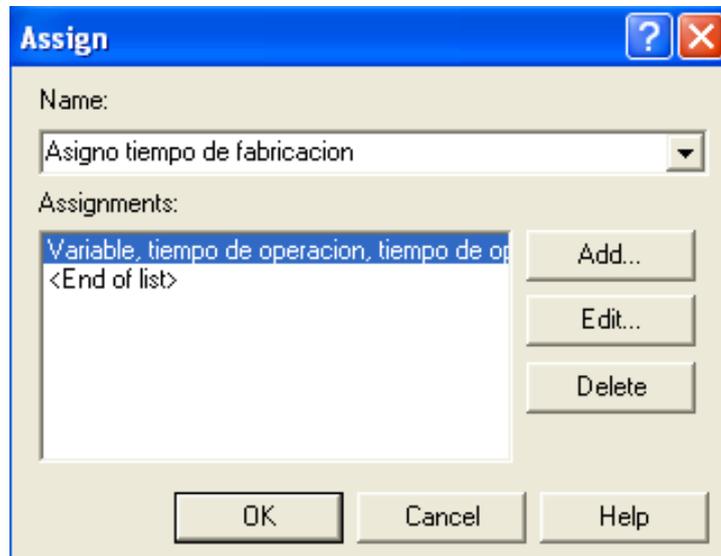
La parada por ausentismo se simula mediante el módulo **PROCESS**. Para este trabajo se denominó “**Paradas por Ausentismo**” (Figura N° 54), cuyo cuadro de dialogo se muestra en la Figura N° 55. Los recursos utilizados son: Materiales y Maquinarias con cantidades específicas definidas previamente.

Figura N° 52: Módulo ASSIGN para la asignación del nuevo tiempo de operación.



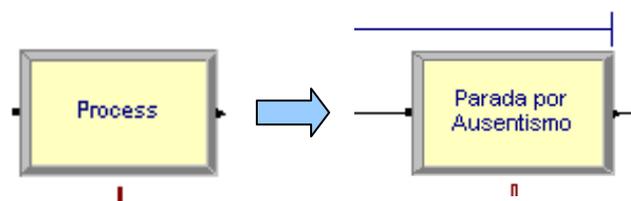
Fuente: Módulos ASSIGN de Arena

Figura N° 53: Cuadro de diálogo del Módulo ASSIGN para la asignación del nuevo tiempo de operación.



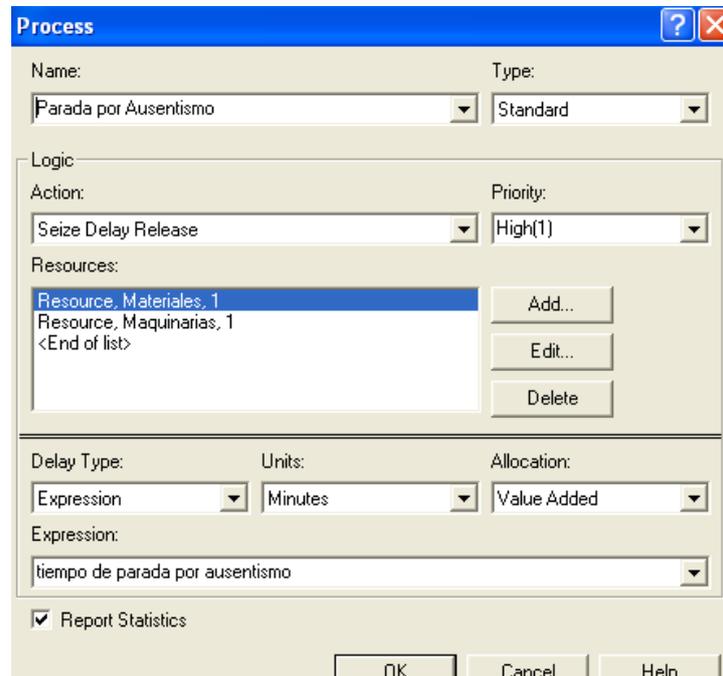
Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo ASSIGN de Arena

Figura N° 54: Módulo Process para el proceso de fabricación con fallas por ausentismo.



Fuente: Módulos del Arena

Figura N° 55: Cuadro de diálogo del Módulo Process
Por una parada de ausentismo.



Fuente: Cuadro de Diálogo del Módulo PROCESS de Arena

5.3. EXPLICACIÓN DE LOS SUBMODELOS.

Como se explicó anteriormente, el objetivo principal de este trabajo es obtener la mejor combinación de producción de acuerdo a los diferentes comportamientos de los clientes, que permita mejorar el proceso de producción y minimizar los riesgos de tomar acciones directas sobre el sistema real. A continuación se describen la explicación de los submodelos de Demanda, Producción y Fallas:

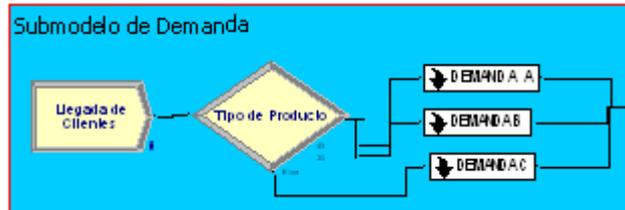
5.3.1. Submodelo de Demanda.

Llegada de los Clientes:

El proceso se inicia con la llegada de las entidades (clientes en este trabajo), donde cada uno, de acuerdo a sus necesidades deseará adquirir producto A, B o

C. Para el caso en estudio, el 45% de los clientes desean producto A, el 30% B y el resto producto C (Ver Figura N° 56).

Figura N° 56: Diagrama de la Llegada de los clientes.



Fuente: Elaboración propia

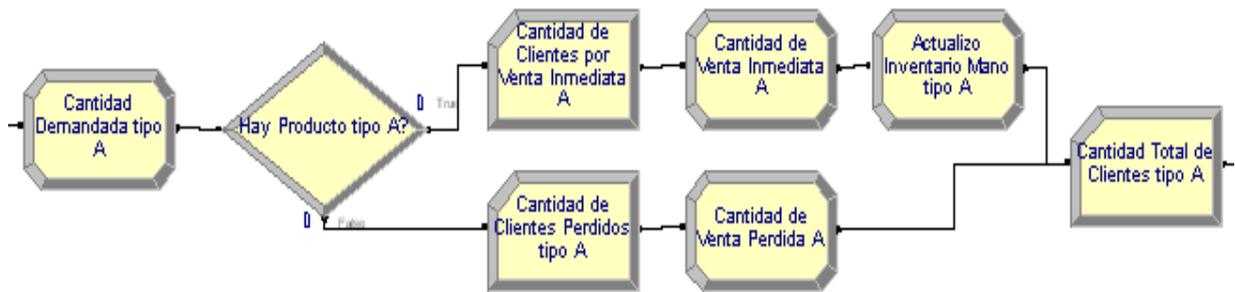
Submodelo 1: Venta Inmediata o Pérdida.

Una vez que el cliente llega y decide que producto comprar, este define la cantidad que desea adquirir (Demanda). Posteriormente se verifica si existe suficiente inventario a mano para satisfacer dicha demanda. Esto puede producir dos resultados:

1. Si el inventario a la mano es lo suficientemente grande, entonces los clientes realizan la venta inmediata y se procede a disminuir dicho inventario por la cantidad demandada. Para este caso, se contabiliza el número de clientes cuya demanda ha sido satisfecha.
2. Si el inventario a la mano es inferior a la demanda solicitada, entonces el cliente se va y se pierde la venta de dicho cliente. De igual forma, se contabilizó el número de clientes cuya demanda no ha sido satisfecha.

Finalmente el cliente se va del sistema (Ver Figura N° 57).

Figura N° 57: Diagrama de la definición del pedido del producto A para una venta inmediata



Fuente: Elaboración propia

Submodelo 2: Venta Inmediata Total o Parcial (Back Order).

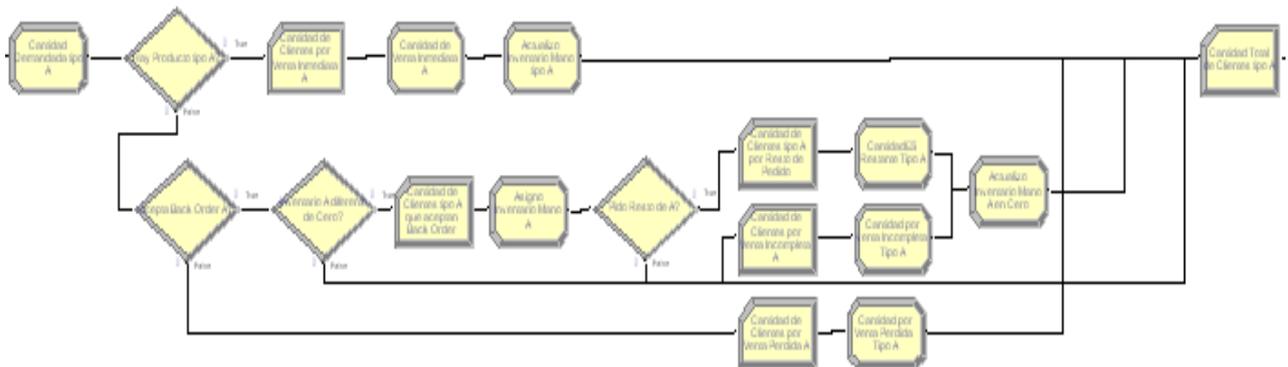
Una vez que el cliente llega y decide que producto comprar, este define la cantidad que desea adquirir (Demanda). Posteriormente se verifica si existe suficiente inventario a mano para satisfacer dicha demanda. Esto produce dos resultados:

1. Si el inventario a la mano es lo suficientemente grande, entonces los clientes realizan la venta inmediata y se procede a disminuir dicho inventario por la cantidad demandada. Además se contabiliza el número de clientes cuya demanda ha sido satisfecha.
2. Si el inventario es inferior a la demanda solicitada, entonces se le pregunta al cliente si acepta la cantidad que se tiene en inventario. Esto produce dos resultados:
 - ❖ En caso de aceptar lo que hay en inventario, se produce la venta inmediata de la cantidad que se tiene (inferior a su demanda), preguntando luego, si el cliente desea que el resto del pedido le sea entregado en un tiempo programado. Esto produce dos resultados:

- Si decide pedir el resto del pedido, se manda a producir para un tiempo programado por el cliente.
 - Si decide no pedir el resto, se convierte en una venta incompleta, pues sólo adquirió lo que existía en inventario.
- ❖ En caso de no aceptar lo que hay en inventario, entonces se pierde la venta del cliente. Para este caso, se contabiliza el número de clientes cuya demanda no ha sido satisfecha.

Finalmente el cliente se va del sistema (Ver Figura N° 58).

Figura N° 58: Diagrama de la definición del pedido del producto A para una venta inmediata con back order



Fuente: Elaboración propia.

Submodelo 3: Venta Inmediata o Diferida.

Una vez que el cliente llega y decide que producto comprar, este define la cantidad que desea adquirir (Demanda). Posteriormente se verifica si existe suficiente inventario a la mano para satisfacer dicha demanda. Esto puede producir dos resultados:

1. Si el inventario a la mano es lo suficientemente grande, entonces los clientes realizan la venta inmediata y se procede a disminuir el inventario por la



cantidad demandada. Para este caso, se contabiliza el número de clientes cuya demanda ha sido satisfecha.

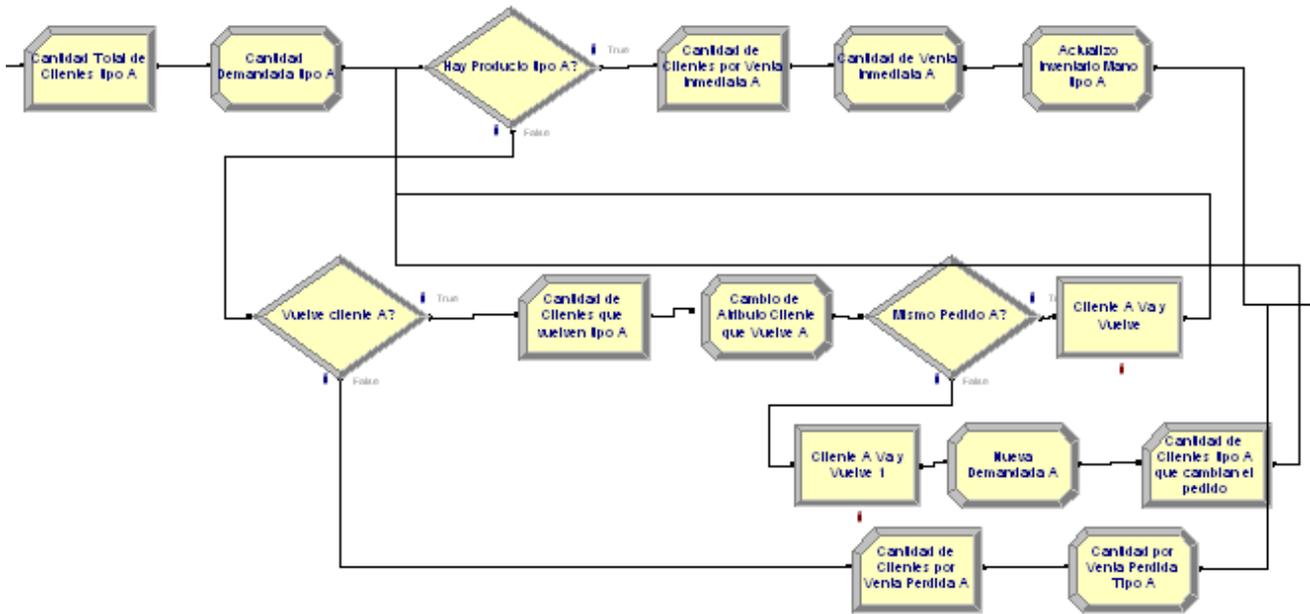
2. Si el inventario a la mano es inferior a la demanda solicitada, entonces se le pregunta al cliente si volverá por la compra del mismo pedido. Esto produce dos resultados:

- ❖ Si vuelve por el mismo pedido, este se va por un lapso de tiempo y cuando regresa pasa por el mismo proceso de verificación del inventario para ver si existe la cantidad que el desea.
- ❖ Si no vuelve por el mismo pedido, este se va por un lapso de tiempo y cuando regresa, pide una nueva cantidad, pasando luego, por el mismo proceso de verificación del inventario para ver si existe la nueva cantidad que el desea.

En caso, que el cliente no desee volver, entonces se pierde la venta del cliente. Para este caso, se contabiliza el número de clientes cuya demanda no ha sido satisfecha.

Finalmente el cliente se va del sistema (Ver Figura N° 59).

Figura N° 59: Diagrama de la definición del pedido del producto A para una venta inmediata con cliente que vuelve.



Fuente: Elaboración propia.

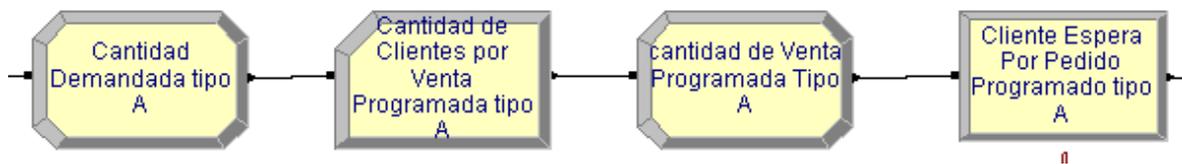
Submodelo 4: Venta Programada

Una vez que el cliente llega y decide que producto comprar, este define la cantidad que desea adquirir (Demanda) y el tiempo de entrega del pedido. En este caso el cliente esperará por su pedido programado y vendrá en el lapso de tiempo establecido.

Para este caso, se contabiliza el número de clientes cuya demanda ha sido programada.

Finalmente el cliente se va del sistema (Ver Figura N° 60).

Figura N° 60: Diagrama de la definición del pedido del producto A para una venta programada.



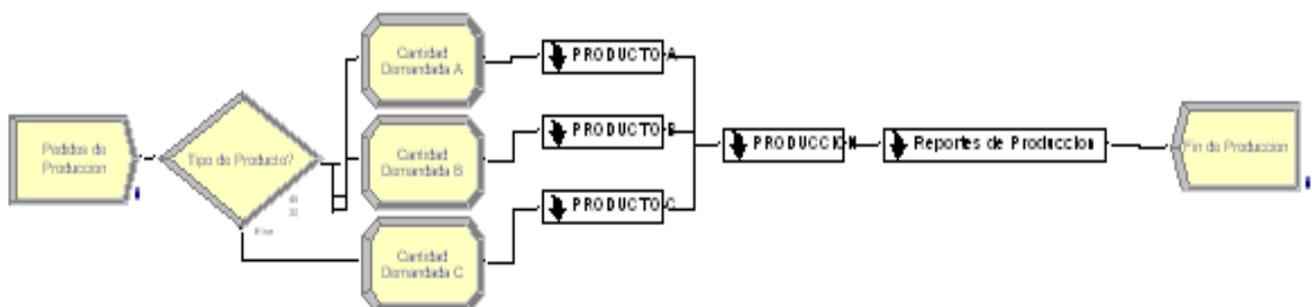
Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Submodelo de Producción

Llegada de los Pedidos de Producción.

El proceso de producción se inicia con la llegada de las entidades (pedidos de clientes), donde de acuerdo al tipo de producto demandado se producirá el producto A, B o C, en este trabajo, el 45% de los de los productos demandados son producto A, el 30% B y el resto producto C (Ver Figura N° 61).

Figura N° 61: Diagrama de las llegadas de los Pedidos.



Fuente: Elaboración propia

Submodelo N° 1: Sistema de Producción bajo Pedido con menor tiempo de entrega.

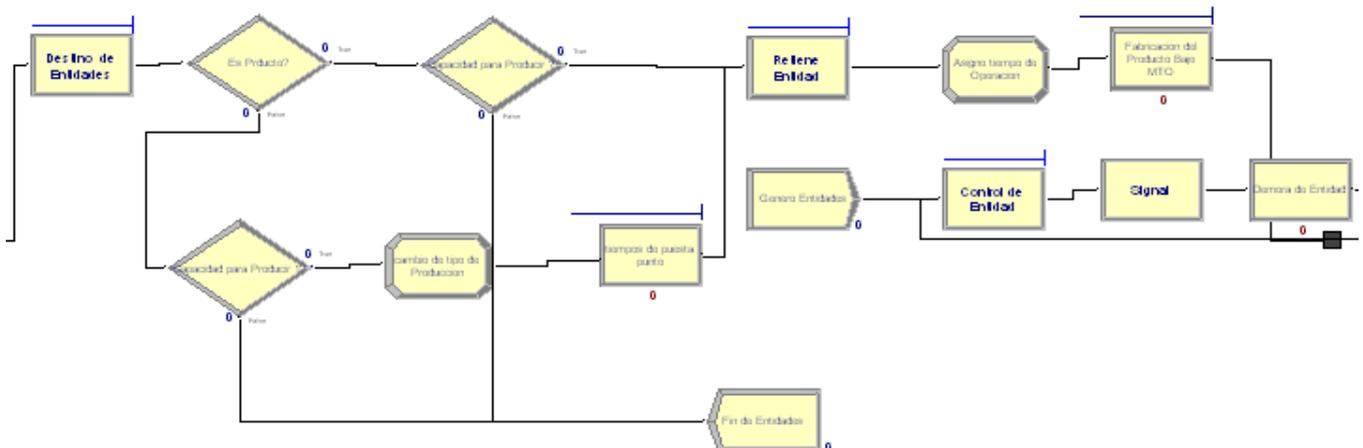
Una vez que se define el pedido y el tiempo de entrega, se verifica el tipo de producto, para ver si el producto corresponde con lo que se está produciendo. Y si no es así, es necesario hacer puesta a punto a la línea.

Seguidamente se verifica el tiempo de procesamiento de la línea. En esta fase, se compara el tiempo de fabricación de la línea con el tiempo de entrega establecido por el cliente. Esto puede producir dos resultados:

1. Si el tiempo de procesamiento de la línea es mayor al tiempo de entrega del cliente, se fabrica el pedido. Y se elaborará primero, aquel pedido que este más próximo a entregarse.
2. Si el tiempo de procesamiento de la línea es inferior al tiempo de entrega del cliente, no se produce el pedido.

Finalmente se contabiliza la cantidad producida, de acuerdo al tipo de producto fabricado (Ver Figura N° 62).

Figura N° 62: Diagrama de Capacidad de Producción Pedido Tipo A.



Fuente: Elaboración propia

Submodelo N° 2: Sistema de Producción bajo Pedido usando FIFO.

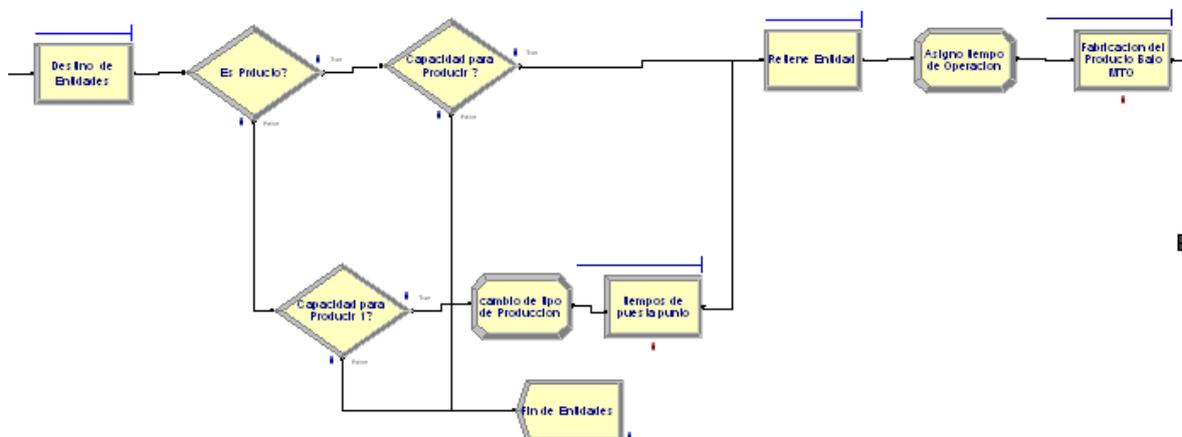
Una vez que se define el pedido y el tiempo de entrega, se verifica el tipo de producto, para ver si el producto corresponde con lo que se está produciendo. Y si no es así, es necesario hacer puesta a punto a la línea.

Seguidamente se verifica el tiempo de procesamiento de la línea, donde se compara el tiempo de fabricación de la línea con el tiempo de entrega establecido por el cliente. Esto puede producir dos resultados:

1. Si el tiempo de procesamiento de la línea es mayor al tiempo de entrega del cliente, se produce el pedido. Y se fabricará los productos de acuerdo al orden de solicitud o compra
2. Si el tiempo de procesamiento de la línea es inferior al tiempo de entrega del cliente, no se produce el pedido.

Finalmente se contabiliza la cantidad producida, de acuerdo al tipo de producto fabricado (Ver Figura N° 63).

Figura N° 63: Diagrama de Capacidad de Producción Pedido Tipo C.



Fuente: Elaboración propia



Submodelo N° 3: Sistema de Producción Continúa usando menor tiempo de entrega.

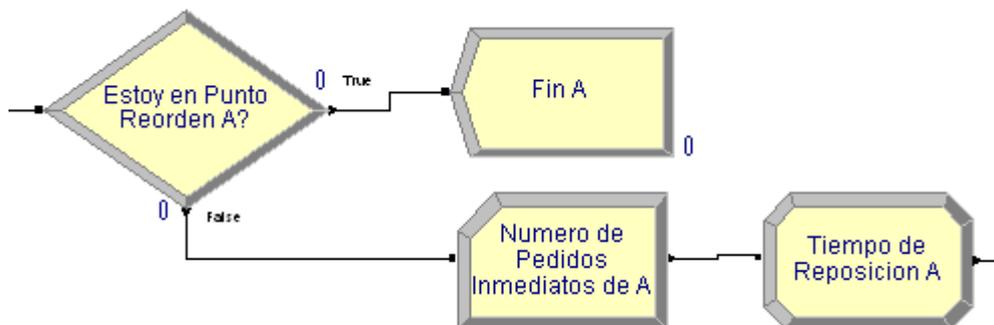
Una vez que se genera el pedido, se verifica el nivel o punto de reorden, comparando el inventario total del tipo de producto con el valor establecido como punto de reorden. Esto puede producir dos resultados:

1. Si el inventario alcanza el punto de reorden, se activará el sistema de producción, donde se verifica el tipo de producto, para verificar si el producto corresponde con lo que se está produciendo. Y si no es así, es necesario hacer puesta a punto a la línea.

Seguidamente se fabricará primero aquel pedido que este más próximo a entregarse, aumentando de esta manera tanto el inventario total como el inventario a la mano.

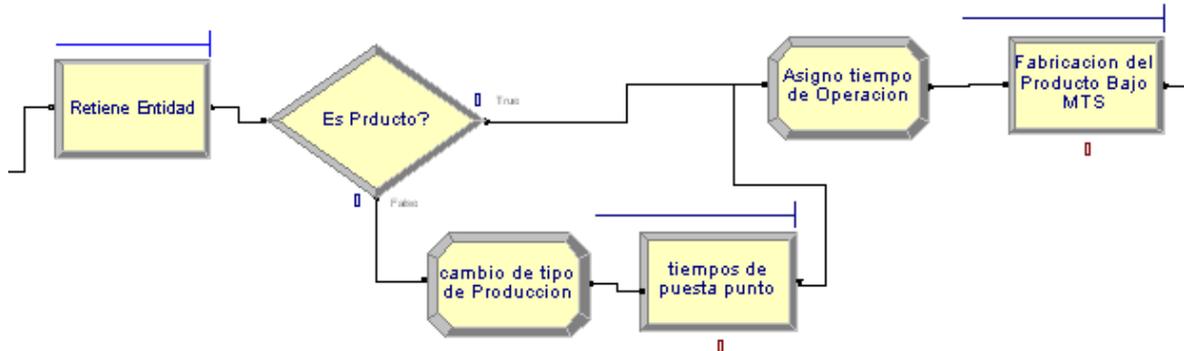
2. Si el inventario no alcanza el punto de reorden, no se genera la producción de tipo de producto (A, B o C), lo que significa que se está satisfaciendo al cliente (ver Figura N° 64 y 65).

Figura N° 64: Diagrama del Nivel de Reorden Producto Tipo A.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 65: Diagrama del Sistema de producción continua usando Menor tiempo de entrega para el Producto Tipo B.



Fuente: Elaboración propia

Submodelo N° 4 Sistema de Producción Continua usando FIFO.

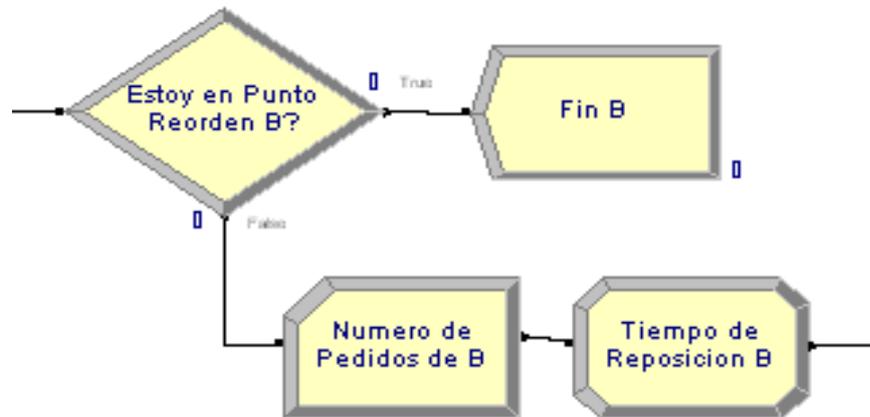
Una vez que se genera el pedido, se verifica el nivel o punto de reorden, comparando el inventario total del tipo de producto con el valor establecido como punto de reorden. Esto puede producir dos resultados:

1. Si el inventario alcanza el punto de reorden, se activará el sistema de producción, donde se verifica el tipo de producto, para verificar si el producto corresponde con lo que se está produciendo. Y si no es así, es necesario hacer puesta a punto a la línea.

Seguidamente se fabricarán los productos de acuerdo al orden de solicitud o compra, aumentando de esta manera tanto el inventario total como el inventario a la mano

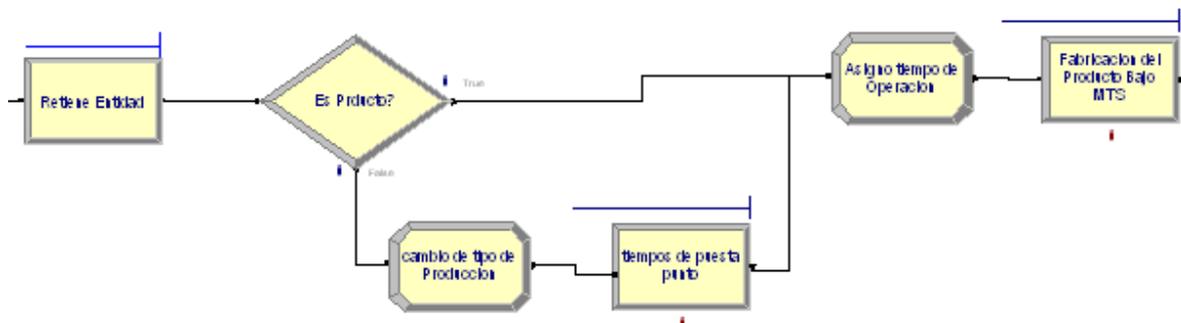
2. Si el inventario no alcanza el punto de reorden, no se genera la producción de tipo de producto (A, B o C), lo que significa que se está satisfaciendo al cliente (ver Figura N° 66 y 67).

Figura N° 66: Diagrama del Nivel de Reorden Producto Tipo B.



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 67: Diagrama del sistema de producción usando FIFO Producto Tipo B.



Fuente: Elaboración propia

5.3.3. Submodelo de Fallas

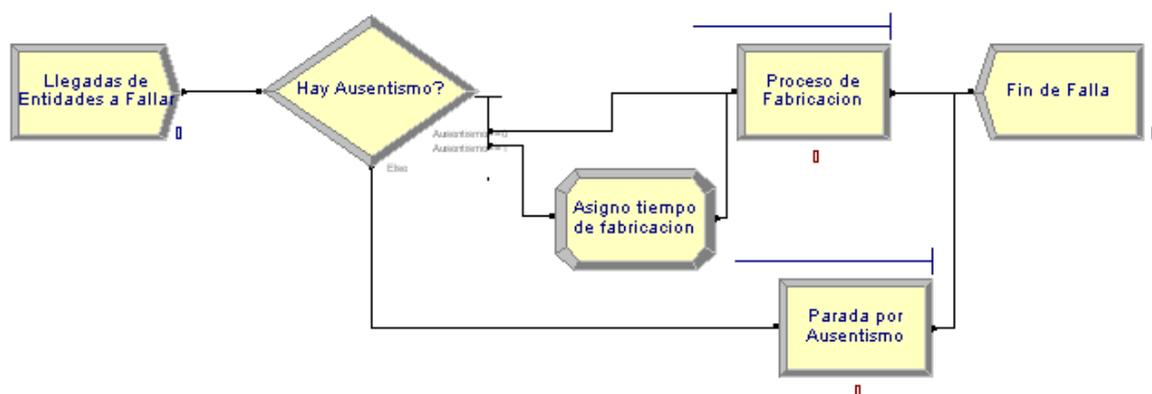
El proceso se inicia con la generación de la falla en un tiempo específico. Esto hace que se detenga el sistema bien sea por maquinaria o por materiales. Mientras ocurre esto la falla de ausentismo puede afectar o no al proceso, es decir, su valor puede ser uno (1) o cero (0).

Si la falla de Ausentismo es igual a cero (0), entonces en el proceso no habrá esta falla, pudiendo ocurrir algunas de las otras dos (2) fallas (materiales o maquinarias).

En caso, que el Ausentismo sea igual a uno (1), es decir, hay ausencia de un operario en la línea, esto afectará el tiempo de operación de la línea, trayendo como consecuencia que el tiempo de fabricación de los pedidos se retarde.

En caso que haya ausencia de más de un operario en la línea, el proceso de fabricación se detiene automáticamente, pues no va a existir la cantidad de trabajadores suficiente para poder realizar las operaciones de fabricación del pedido específico (Ver Figura N° 68).

Figura N° 68: Diagrama del sistema de fallas de una línea de producción.



Fuente: Elaboración propia



5.4. VERIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS.

Para verificar el modelo se realizaron suficientes corridas que permitieron monitorear el comportamiento del modelo ante diferentes escenarios, tiempos de simulación y variables de entrada. Se utilizaron diferentes herramientas que permitieron hacer seguimiento a las entidades (clientes y productos) en su trayectoria por la línea de producción y comprobar que se comportan según lo establecido en el modelo. La animación del modelo, constituye una de estas herramientas. De igual manera, se utilizaron otros apoyos visuales tales como:

- ❖ Variable (de la barra Animate): muestra de manera numérica el valor actual durante la simulación, con el fin de visualizar y verificar el funcionamiento lógico de ciertas variables y atributos.
- ❖ Entity Picture: se le asigna una figura o dibujo a la entidad que se mueve dentro del modelo, en este caso, para identificar los productos (A, B y C) y los tipos de clientes.
- ❖ Clock (de la barra Animate): para comprobar el cumplimiento de los tiempos de las paradas debido a las fallas utilizadas en el modelo.
- ❖ Text (de la barra Draw): para identificar las variables y atributos.
- ❖ Gráficos (opción Plot de la barra Animate): representa en un plano coordenado XY, el valor de la variable de interés a través del tiempo. (eje X: tiempo y eje Y: valor de la variable).

Luego de haber seguido a las distintas entidades (clientes productos) se logró la verificación, ya que se comprobó que la lógica de los modelos ha sido correctamente implementada, comportándose de la manera esperada. Esto



permitió concluir que el modelo no presenta errores programación, y de esta manera poder continuar con la validación del mismo.

5.5. VALIDACIÓN DE LOS ESCENARIOS.

Comúnmente, en la validación se confirman los resultados que genera el sistema simulado con los resultados que genera el sistema real. También existe la comparación con resultados teóricos de modo de extrapolar resultados para períodos de tiempo donde no existan estadísticas y de esta manera comprobar los resultados.

En la validación, es fundamental la utilización de métodos estadísticos de modo de comparar estadísticamente los resultados del modelo con el mundo real. Para generar esta comparación es importante seleccionar debidamente los parámetros más importantes como elementos de validación. Generalmente estos parámetros corresponden a las medidas de efectividad que se utilizan posteriormente.

Para la validación, en este trabajo se definieron indicadores de gestión. De igual manera, se seleccionaron unos parámetros de acuerdo a su influencia en el sistema, los cuales fueron los protagonistas de las variaciones de los escenarios. Y de esta manera explorar diferentes escenarios para obtener el mejor escenario de producción bajo las diversas situaciones que se puedan presentar con el cliente (demanda). Para este trabajo, los indicadores de gestión más importantes o que fueron tomados como medidas de efectividad son:

- ❖ **Capacidad Productiva:** que corresponde a la Producción Total del sistema cuando se produce bajo lotes grandes o pequeños.

Capacidad Productiva = Número de unidades producidas durante el tiempo de simulación + Inventario Inicial



- ❖ **Satisfacción del Clientes:** que corresponde a la Cantidad Total de Clientes Satisfechos e Insatisfechos.

$$\text{Satisfacción del Cliente} = \frac{\text{Cantidad de clientes satisfechos}}{\text{Cantidad de clientes totales}} \times 100$$

5.5.1 Cálculo del Número de Réplicas.

Los modelos de simulación para este trabajo, corresponden a un sistema no terminante (denominado también sin terminación), esto sucede, ya que es un sistema continuo.

Si se comenzará la simulación con el sistema vacío se generaría un sesgo importante, además no sería representativo del estado del sistema estudiado. Existen 2 formas para lograr que el sistema no comience vacío:

- 1.- Mediante una inspección gráfica se observa cuando las variables comienzan a estabilizarse, permitiendo estimar el período de calentamiento del sistema.
- 2.- Mediante el ingreso del número de entidades que se desea que existan, una vez que comience la simulación.

Para este trabajo, se utilizó la primera (1) forma. Con esto se pudo determinar el período de calentamiento utilizando una (1) sola replica, aplicado a los ocho (8) escenarios considerados y de esta manera, encontrar el tiempo donde se estabiliza el sistema a través de los indicadores seleccionados. Seguidamente cada uno de ellos, se corrió durante 24 horas, con el período de calentamiento respectivo y utilizando una prueba piloto de cinco (5) replicas, a fin de comprobar si el número de replicas son necesarias para el estudio.

Para aceptar el número de replicas de la prueba piloto, se compara el 7% del promedio de cada indicador (satisfacción del cliente y capacidad productiva) con el error del mismo. Entonces, si el valor obtenido del promedio para el indicador es mayor a su error, se concluye que el número de replicas son



necesarias y suficientes para el escenario de estudio. Para este trabajo, el tiempo de simulación fue de 98570 minutos (20,73 meses), con 5 réplicas o corridas.

Los parámetros seleccionados y bajo las cuales se utilizó para dicha validación, fueron:

- ❖ Parámetro N° 1: Tiempo entre llegada de clientes.
- ❖ Parámetro N° 2: Demanda del cliente.
- ❖ Parámetro N° 3: Tiempo de puesta a punto.

Los parámetros a suministrar en los ocho (8) escenarios de estudio y bajo los cuales se concluirá el mejor escenario de producción, se presentan a continuación:

Tabla N° 9: Parámetros utilizados para la Selección del Mejor Escenario de Producción.

| Parámetros | Valor | Unidad |
|----------------------------------|---|----------|
| Tiempo entre llegada de clientes | Normal (210, 5) | Minutos |
| Demanda del cliente | A: Uniforme (50,90) B: Uniforme (35, 60) C: Uniforme (15, 40) | Unidades |
| Tiempo de puesta punto | Uniforme (12,20) | Minutos |

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentan los resultados de la simulación, de acuerdo a los parámetros ingresados y los respectivos tiempos y corridas estudiados:



Tabla N° 10: Resultados de la simulación para todos los escenarios utilizando los parámetros seleccionados.

| Escenarios | Unidades Producidas (unidades) | Satisfacción del Cliente (%) |
|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Escenario 1 | 99.298,00 ± 1.338,87 | 91,78 ± 0,69 |
| Escenario 2 | 200.672,06 ± 2.328,87 | 91,84 ± 0,43 |
| Escenario 3 | 25.326,00 ± 996,06 | 45,57 ± 1,73 |
| Escenario 4 | 60.452,00 ± 1.769,24 | 45,11 ± 0,69 |
| Escenario 5 | 68.552,00 ± 414,12 | 98,25 ± 0,27 |
| Escenario 6 | 164.488,00 ± 716,26 | 98,24 ± 0,54 |
| Escenario 7 | 32.535,29 ± 560,69 | 100 ± 0,17 |
| Escenario 8 | 38.663,78 ± 562,80 | 100 ± 0,08 |

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, a parte de los dos (2) indicadores seleccionados (capacidad productiva y satisfacción de la demanda), es necesario conocer la cantidad de productos que quedaron en inventario, pues la selección del mejor escenario de producción será de acuerdo al mínimo inventario que se obtenga en el sistema, el cual se visualizará a través de la variable denominada “Productos Sobrantes”. Para ello es necesario conocer la cantidad total de productos vendidos (Cantidades Vendidas). Luego se calcula la diferencia entre la “Capacidad Productiva” y las “Cantidades Vendidas” y obtener la cantidad de productos que queda en inventario (Productos Sobrantes).



Tabla N° 11: Resultados de la simulación para todos los escenarios utilizando los indicadores.

| Escenarios | Capacidad Productiva (unidades) | Cantidad Vendita (unidades) | Productos Sobrantes (unidades) | Satisfacción del Cliente (%) |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Escenario 1 | 100.340,00 | 99.345,00 ± 1.331,15 | 1.003 ± 42,25 | 91,78 ± 0,69 |
| Escenario 2 | 201.722,00 | 200.718,00 ± 2.326,31 | 1.004 ± 451,15 | 91,84 ± 0,43 |
| Escenario 3 | 26.376,00 | 22.346,00 ± 830,62 | 4.030 ± 801,51 | 45,57 ± 1,73 |
| Escenario 4 | 61.502,00 | 53.424,00 ± 1.776,88 | 8.078 ± 1425,12 | 45,11 ± 0,69 |
| Escenario 5 | 69.202,00 | 68.229,00 ± 383,93 | 973 ± 54,43 | 98,25 ± 0,27 |
| Escenario 6 | 165.438,00 | 164.344,00 ± 736,20 | 1.044 ± 80,03 | 98,24 ± 0,54 |
| Escenario 7 | 32.535,00 | 32.535,00 ± 560,67 | 0 | 100 ± 0,17 |
| Escenario 8 | 38.663,00 | 38.663,00 ± 562,80 | 0 | 100 ± 0,08 |

Fuente: Elaboración propia

Cálculo tipo:

Para el Escenario 1:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad Productiva} &= \text{Unidades Producidas} + \text{Inventario inicial} \\ &= 99.298 \text{ unidades} + 1.050 \text{ unidades} \\ &= 100.340 \text{ unidades.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Productos Sobrantes} &= \text{Capacidad Productiva} - \text{Cantidad Vendita} \\ &= 100.340 \text{ unidades} - 99.345 \text{ unidades} \\ &= 1.003 \text{ unidades.} \end{aligned}$$

En vista que existen dos (2) tipos de Políticas de Producción (Producción bajo Stock y Producción Contrapedido) y que ambas tienen diferentes métodos para producir y satisfacer los clientes; es necesario analizar los escenarios de manera independiente para la selección del mejor escenario de producción.



5.5.2 Escenarios bajo Producción Continúa.

A continuación se presenta en la siguiente tabla, los valores obtenidos de la simulación para los escenarios bajo producción continua:

Tabla N° 12: Resultados de la Simulación para los Escenarios de Producción Continúa.

| Escenarios | Capacidad Productiva (unidades) | Cantidad Vendita (unidades) | Productos Sobrantes (unidades) | Satisfacción del Cliente (%) |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Escenario 1 | 100.340,00 | 99.345,00 ± 1.331,15 | 1.003 ± 42,25 | 91,78 ± 0,69 |
| Escenario 2 | 201.722,00 | 200.718,00 ± 2.326,31 | 1.004 ± 451,15 | 91,84 ± 0,43 |
| Escenario 3 | 26.376,00 | 22.346,00 ± 830,62 | 4.030 ± 801,51 | 45,57 ± 1,73 |
| Escenario 4 | 61.502,00 | 53.424,00 ± 1.776,88 | 8.078 ± 1425,12 | 45,11 ± 0,69 |
| Escenario 5 | 69.202,00 | 68.229,00 ± 383,93 | 973 ± 54,43 | 98,25 ± 0,27 |
| Escenario 6 | 165.438,00 | 164.344,00 ± 736,20 | 1.044 ± 80,03 | 98,24 ± 0,54 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla anterior, se puede concluir de acuerdo al mínimo inventario, que el mejor escenario bajo producción continua, de acuerdo a los datos suministrados, es el **Escenario N° 5: Venta Inmediata o Diferida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad el menor Tiempo de Entrega**. Con una producción de 69.202 unidades durante el periodo de estudio, un porcentaje (%) de satisfacción del cliente del 98.25 % y un inventario mínimo de 973 unidades, los cuales representan los mejores resultados respecto a los demás escenarios de producción estudiados.



5.5.3 Escenarios bajo Producción Contrapedido.

A continuación se presenta en la siguiente tabla, los valores obtenidos de la simulación para los escenarios bajo producción contrapedido:

Tabla N° 13: Resultados de la Simulación para los Escenarios de Producción Programada.

| Escenarios | Capacidad Productiva (unidades) | Cantidad Vendita (unidades) | Productos Sobrantes (unidades) | Satisfacción del Cliente (%) |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Escenario 7 | 32.535,00 | 32.535,00 ± 560,67 | 0 | 100 ± 0,17 |
| Escenario 8 | 38.663,00 | 38.663,00 ± 562,80 | 0 | 100 ± 0,08 |

Fuente: Elaboración propia

En vista que, para los escenarios 7 y 8 no se tienen inventarios por utilizar la política Contrapedido, los resultados obtenidos en la tabla anterior se puede seleccionar cualquiera de los dos escenarios, sin embargo, en este caso se escogerá el escenario con mayor producción o Capacidad Productiva. Entonces el mejor escenario bajo producción contrapedido, es el **Escenario N° 8: Venta Programada bajo un sistema de Producción bajo Pedido utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO)**. Obteniéndose como resultados una producción de 38.663 unidades durante el periodo de estudio, un porcentaje (%) de satisfacción del cliente de 100%, los cuales representan los mejores resultados respecto al escenario N° 7.

Nota: El detalle de los datos de salida de la simulación (Output de Arena) se muestra en el Apéndice N° 2.

5.6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

Este análisis evalúa diferentes valores de cualquier parámetro, con el fin de estudiar la sensibilidad que pueden tener los mismos en los resultados de los escenarios.



Según Giugni, Etedgui, González y Guerra (2005) el análisis de sensibilidad *“consiste en introducir cambios o variaciones en la variable que se considera como crítica, manteniendo el resto de las variables en su valor más probable o en su valor promedio, con el fin de observar el efectos que producen tales cambios en el sistema de estudio. Una variable, para los efectos del análisis de sensibilidad, se considera crítica cuando se espera que puedan ocurrir cambios en su valor más probable, es decir, que la probabilidad de ocurrencia del cambio sea significativa”*.

Según Giugni, Etedgui, González y Guerra (2005) dicen que *“una decisión en particular es sensible a la variación, respecto del valor más probable, de un determinado elemento o variable, si un cambio dado en el valor de esa variable, hace que esa decisión cambie. Por otra parte, si las variaciones respecto del valor más probable de la variable considerada no afecta la decisión tomada, se dice que la decisión no es sensible a cambios en esa variable”*.

Arena cuenta con una herramienta llamada Process Analyzer (Analizador de Procesos), la cual permite generar, evaluar y completar diversos escenarios de un sistema, previa construcción y verificación del modelo en términos de una o unas variables de respuesta específica.

Por ejemplo, en un sistema de colas en un banco se puede establecer el efecto que tendría incluir un cajero más (factor controlable) en los parámetros de atención o variables de respuesta (tiempo de espera, número de clientes atendidos por hora, entre otros). Incluso, también se puede estimar el efecto que tendría el incremento en la tasa de llegada de clientes (factor incontrolable) teniendo en cuenta la capacidad actual. En un sistema de producción se puede determinar que tan robusta sería la política actual ante incrementos en las cantidades demandadas (factor incontrolable).

Para este trabajo, se seleccionó el Escenario N° 8 denominado “Venta Programada bajo un sistema de Producción bajo Pedido utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO)”, donde se tomó como



parámetro el Tiempo entre Llegada, el cual inicialmente tuvo como distribución inicial Normal con media 210 minutos y desviación estándar de 5 minutos. Y Luego para el análisis se evaluó con una distribución Exponencial con media 210 minutos.

Finalmente, se realizó las corridas del escenario N° 8 con los parámetros iniciales y con el nuevo valor del parámetro Tiempo entre Llegada, el cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla N° 14: Resultados de la Simulación para el Escenario N° 8.

| Escenarios | Capacidad Productiva (unidades) | Cantidad Vendita (unidades) | Productos Sobrantes (unidades) | Satisfacción del Cliente (%) |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Escenario 8 | 38.663,00 ± 562,80 | 38.663,00 ± 562,80 | 0 | 100 ± 0,08 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 15: Resultados del Análisis de Sensibilidad para el Escenario N° 8.

| Escenarios | Capacidad Productiva (unidades) | Cantidad Vendita (unidades) | Productos Sobrantes (unidades) | Satisfacción del Cliente (%) |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Escenario 8 | 36.987,16 ± 2.212,29 | 36.987,16 ± 2.212,29 | 0 | 92,21 ± 0,83 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados presentados en la tabla anterior, se puede concluir que el parámetro Tiempo entre Llegada no es sensible a cambios para el valor estudiado (Exponencial con media 210 minutos), es decir, que los valores de los indicadores (capacidad productiva y satisfacción del cliente) no son significativamente diferentes unas con otras. Entonces se puede tomar cualquier valor y con ello sigue siendo el mejor escenario de producción para un sistema contrapedido el Escenario N° 8, pues los resultados de los indicadores son muy parecidos.



En esta sección se presenta un manual de instrucciones denominado “SIMESPRO” (Simulador de Escenarios de Producción), el cual explica la manera como se debe alimentar la información que se necesita y poder realizar la simulación de cada uno de los escenarios de estudio, para este trabajo se consideró sólo tres (3) productos.

6.1. ALIMENTACIÓN DE LAS VARIABLES.

Escenario N° 1: Venta Inmediata o Pérdida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad FIFO.

6.1.1. Alimentación de las Variables Externas para el Escenario N° 1.

Las variables externas, representa aquellas que se almacenan en cada uno de los escenarios, sin manipular los nodos o módulos internos de los mismos. Entre las variables externas que se deben modificar se tienen:

Tabla N° 16: Nombres de las Variables Externas para el Escenario N° 1.

| Variables Externas |
|------------------------|
| Inventario a la Mano A |
| Inventario a la Mano B |
| Inventario a la Mano C |
| QA |
| QB |
| QC |
| Inventario Total A |
| Inventario Total B |
| Inventario Total C |
| Punto Reorden A |
| Punto Reorden B |
| Punto Reorden C |
| Ausentismo |

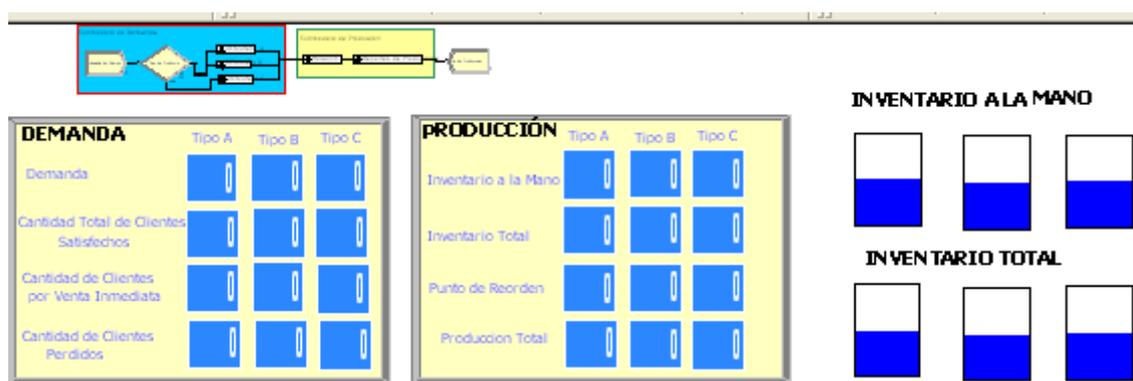
| Variables de Entrada |
|---------------------------------|
| Tiempo de parada por ausentismo |
| Capacidad |
| Aumento |
| Producto en fabricación |
| Variable Tiempo |
| Tiempo de Puesta Punto |

Fuente: Elaboración propia

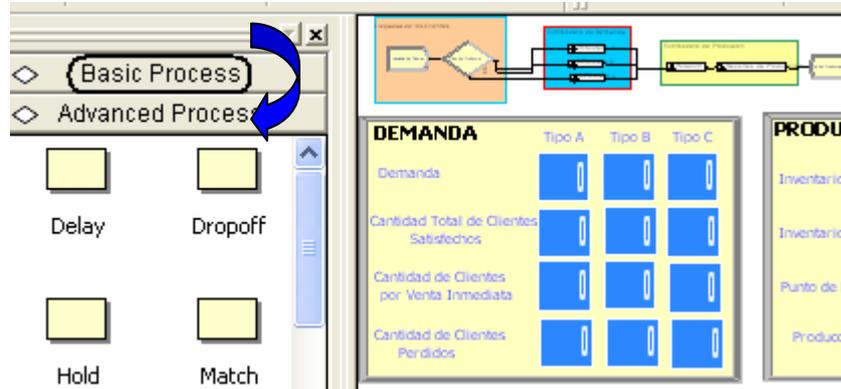
Para ingresar a este escenario, es necesario aplicar los pasos que se explican a continuación:

1. Abrir el Modelo “Escenario 1 Venta Inmediata o Perdida con Prod Cont FIFO”, haciendo doble click sobre el.

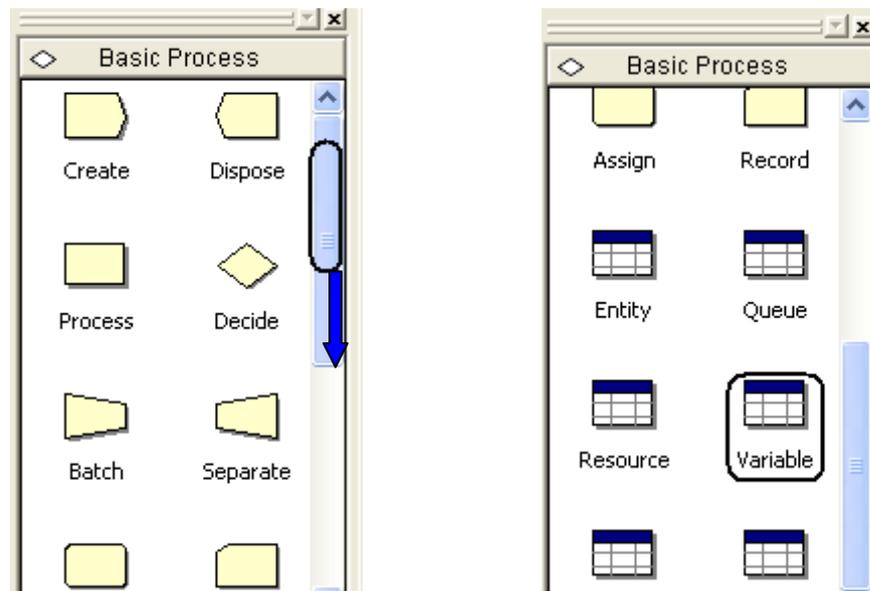
Nota: Para aumentar la figura del modelo que representa el escenario 1, utilice la tecla (+), para disminuir la figura utilice la tecla (-). Para ver el Modelo completo utilice la tecla asterisco (*). Conjuntamente utilice las teclas direccionales para desplazarse hacia arriba, abajo, a la izquierda o la derecha.



2. Haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



3. Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada en miniatura denominada “Variable”.





4. Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadrículada “Variable”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todas las variables, modificando sólo las nombradas al inicio.

| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
|---|--------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventario Mano C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Inventario Total A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Inventario Total B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Inventario Total C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Punto Reorden A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |

5. En la hoja cuadrículada variable encontrará, el nombre de la variable a modificar y en la misma fila, encontrará varios campos. Para cada campo, seleccione haciendo doble click sobre la opción denominada “Initial Values” e introduzca el valor de la variable para el escenario que este estudiando.

| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
|---|-------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventarin Mano C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |

Nota: Para regresar al Modelo Principal, haga click sobre cualquiera de los nodos que se encuentran en la opción ingresada (Basic Process).

6.1.2. Alimentación de las Variables Internas para el Escenario N° 1.

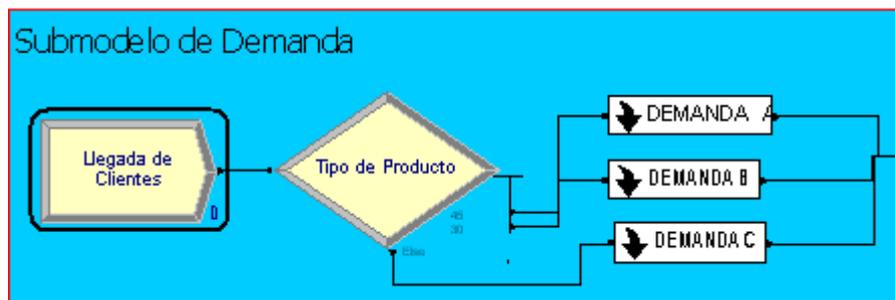
Las variables internas, representa aquellas que se almacenan ingresando a los nodos o módulos internos del modelo o escenario en particular. Entre las variables que se deben modificar se tienen:

Tabla N° 17: Nombres de las Variables a modificar en el escenario N° 1.

| Variable Internas |
|---------------------------|
| Llegada de Clientes |
| Tipo de Producto |
| Cantidad Demandada tipo A |
| Cantidad Demandada tipo B |
| Cantidad Demandada tipo C |

Fuente: Elaboración propia

1. En el modelo, ubique el submodelo denominado “**Submodelo de Demanda**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



| | | | |
|-----------------------|---------------------|-----------------|----------|
| Name: | Llegada de Clientes | Entity Type: | Entity 1 |
| Time Between Arrivals | | | |
| Type: | Expression: | Units: | |
| Expression | EXPO(210) | Minutes | |
| Entities per Arrival: | Max Arrivals: | First Creation: | |
| 1 | Infinite | 0.0 | |



Para este modulo, el campo:

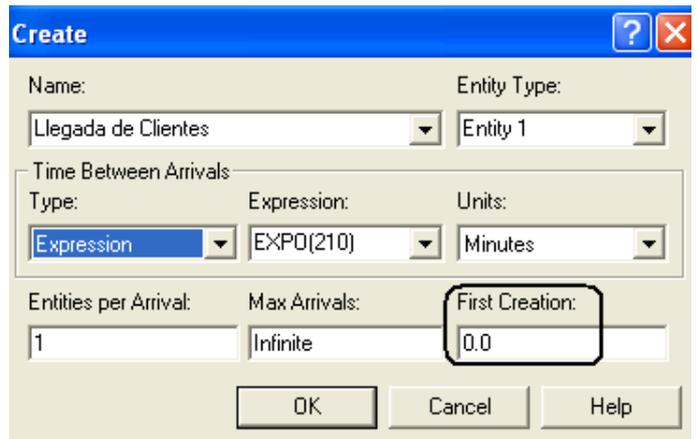
- ❖ “Type”: especifica la forma cómo llegan las entidades al modelo. Puede ser aleatorio (random), por programación (Schedule), constante (constant) o una distribución (expresión). En nuestro caso el tiempo entre llegadas son clientes y es una distribución, pues es una expresión. Utilice la flecha para seleccionar una de ellas.

- ❖ “Expresión”: se especifica el valor o la expresión del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes es una expresión Exponencial con media de 210.

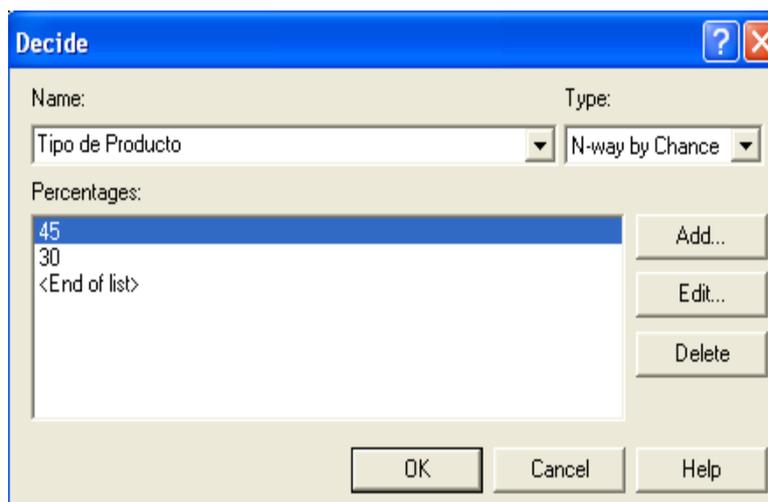
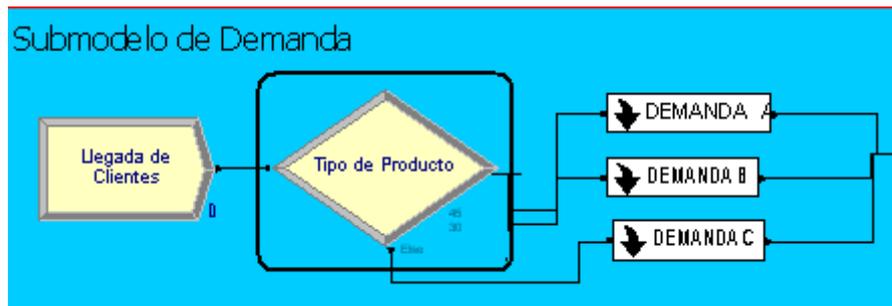
- ❖ “Units: se especifica la unidad de tiempo del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes se mide en minutos.

- ❖ “First Creation” se especifica el instante de tiempo en que serán creadas las entidades. Para este trabajo los clientes llegan desde el instante de tiempo cero (0.0).

Haga click en la opción **OK**.

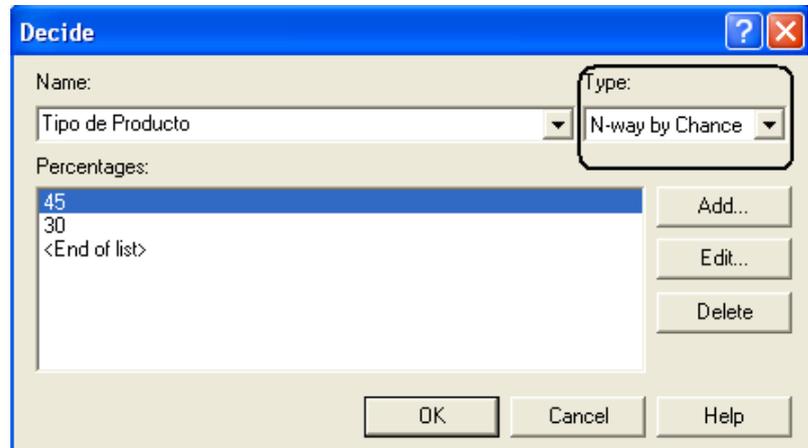


2. Ubique el módulo denominado “**Tipo de Producto**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos

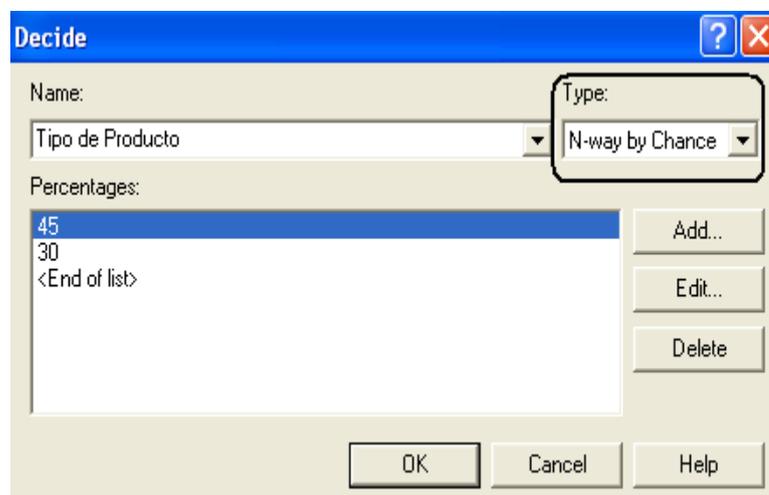
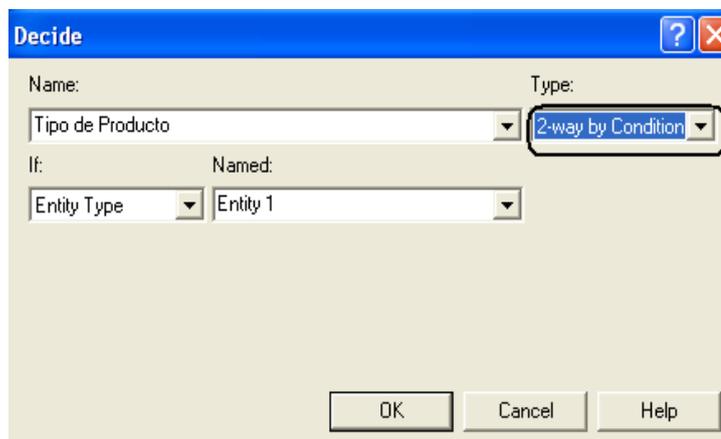


Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema.

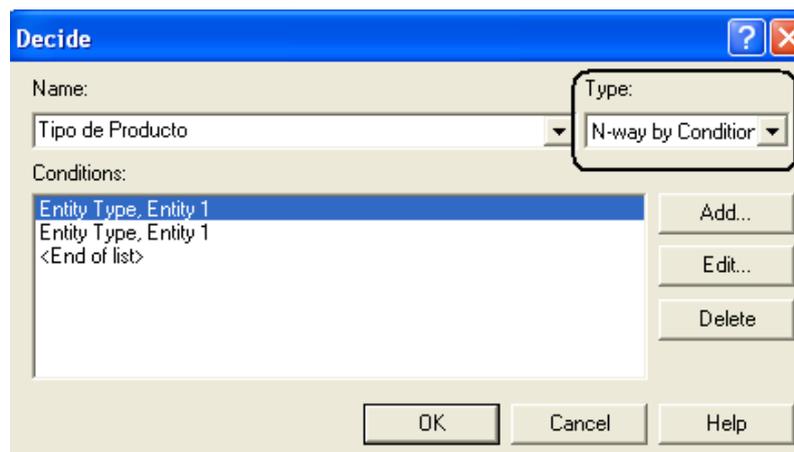
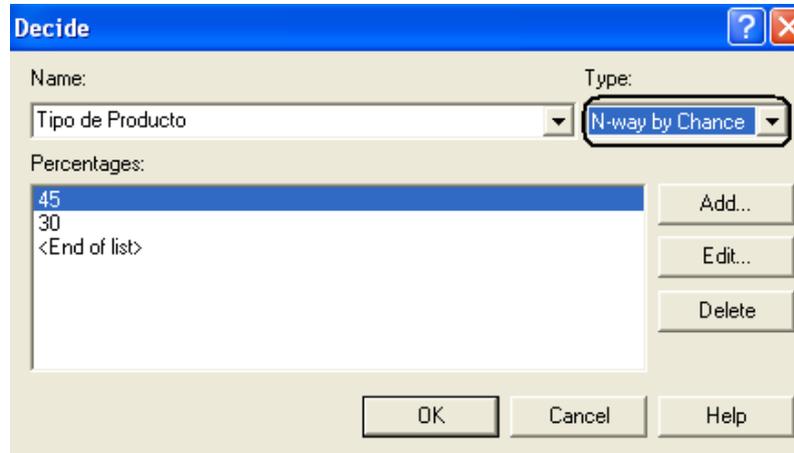


En caso que el sistema de estudio amerite uno (1) o dos (2) caminos, seleccione la opción “2-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.



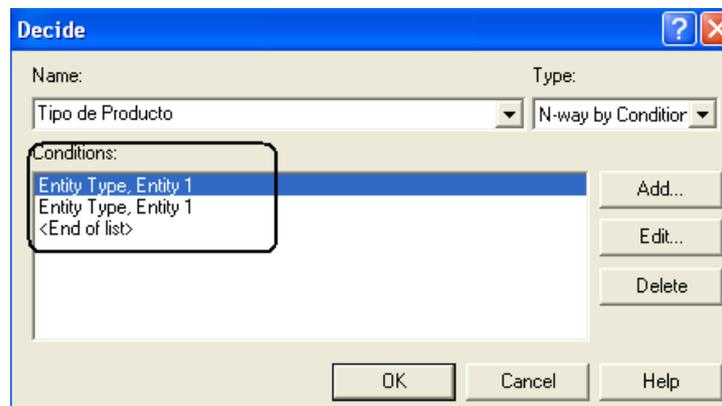
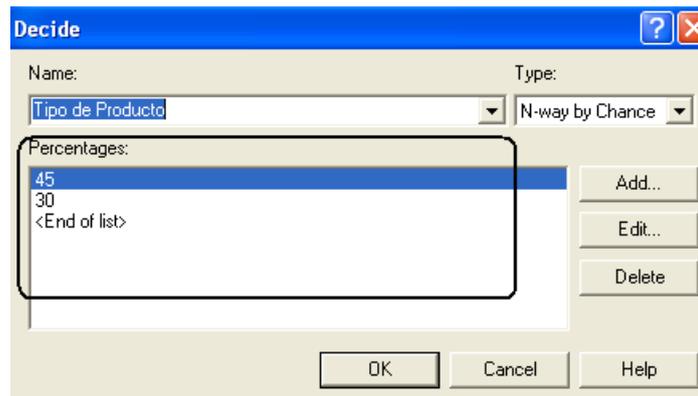


En caso que el sistema de estudio amerite más de tres (3) caminos, seleccione la opción “N-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.

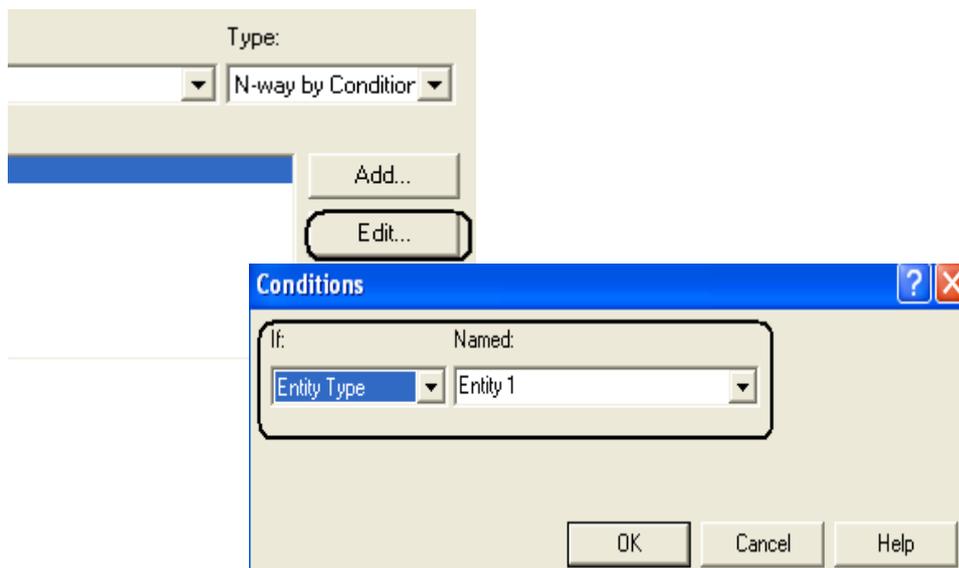


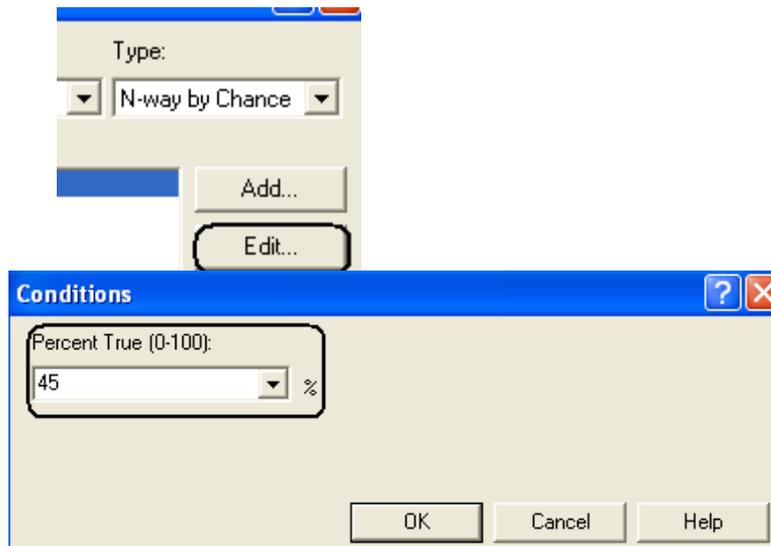
Para este trabajo, el sistema de estudio (escenario N° 1) amerita más de tres (3) caminos (productos A, B y C) con porcentajes definidos previamente. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

- ❖ “Conditions o Percentages”: en caso de ser la primera, se especifica la condiciones bajo el cual se cumplirá la pregunta especificada en el módulo. En caso de ser la segunda, se ingresa los porcentajes de los caminos a estudiar.



Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “Percent Trae o en la condición” e ingrese la condición o el porcentaje (%) de los caminos a estudiar. la demanda del producto.



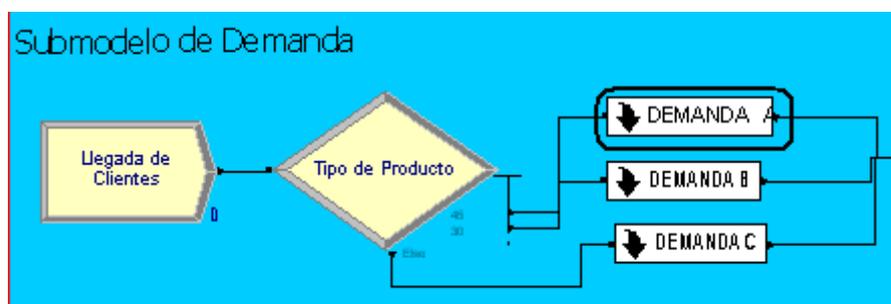


Para este trabajo, los caminos son las demanda porcentuales tres (3) productos (A, B y C), donde el producto tipo A lo demandan el 45% de los clientes, el producto tipo B lo demandan el 30% de los clientes y el producto tipo C lo demandan el 25% de los clientes.

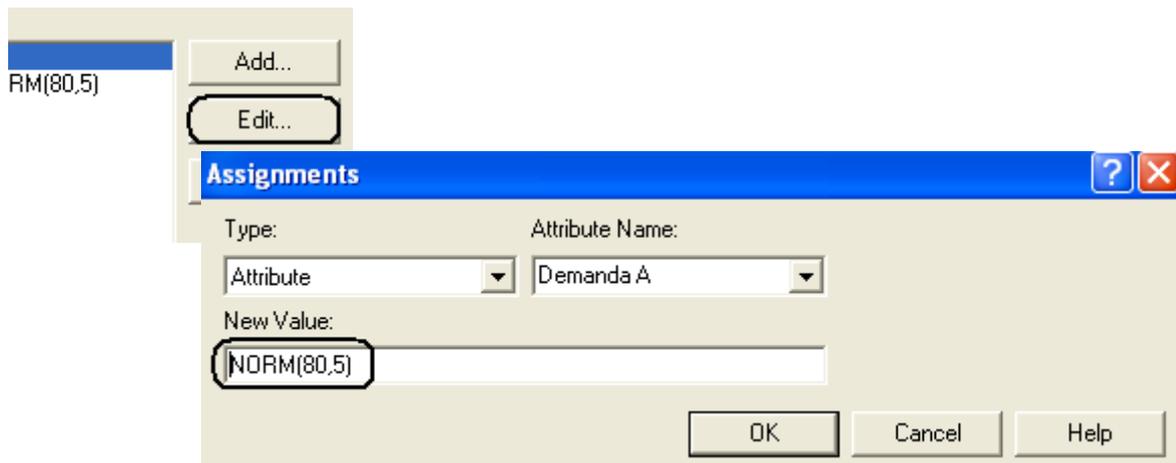
Haga click en la opción **OK**.

Nota: si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

3. Ubique sobre el Submodelo de Demanda el recuadro denominado “**DEMANDA A**” y haga doble click sobre el.



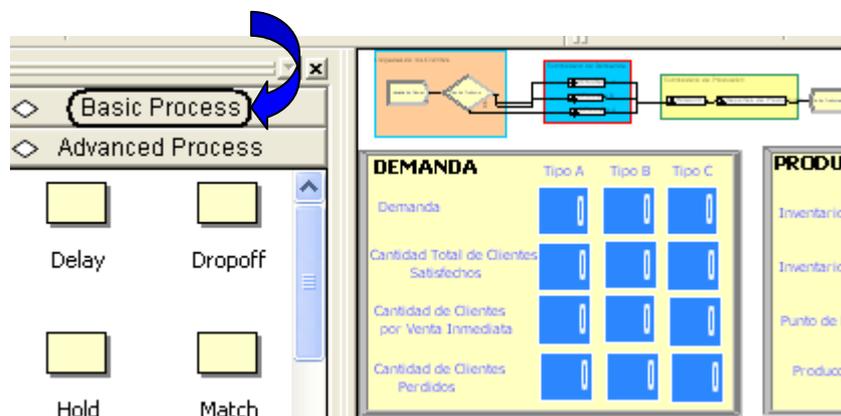
Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “New Value”, e ingrese el valor de la demanda del producto. Para este trabajo es el producto A y su demanda está representada por una distribución Normal(media=80, desviación= 5). De igual manera se procede para el último producto. En nuestro caso es el tipo 1 que es igual al producto tipo A.



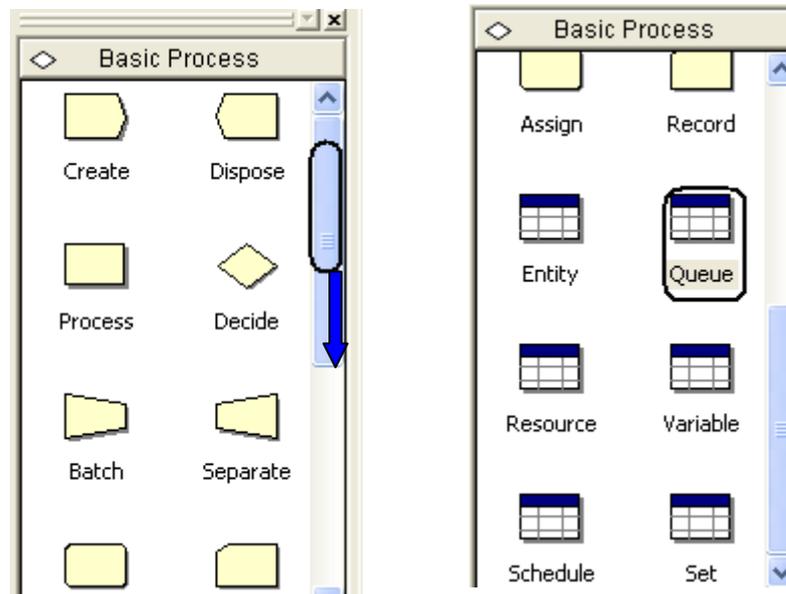
Haga click en la opción **OK**.

Nota: Si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

4. Activar en el sistema de producción la regla de prioridad, para este trabajo es FIFO. Para ello, haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada (en miniatura) denominada “Queue”.



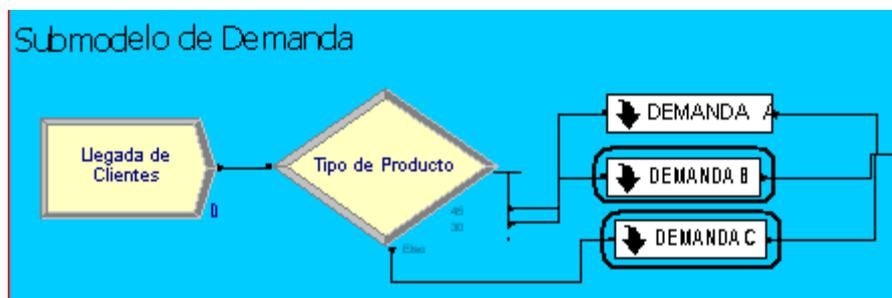
Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Queue”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todos los procesos que ameritan una cola.

| Queue - Basic Process | | | | |
|-----------------------|---|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | Name | Type | Shared | Report Statistics |
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Retiene Entidad.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

En la hoja cuadriculada Queue encontrará, el nombre del proceso que se activará la regla de prioridad y en la misma fila, encontrará varios campos. En nuestro caso, el proceso al cual se le debe activar la regla de prioridad FIFO es el llamado “Retiene Entidad.Queue”. Para ello, haga click sobre la flecha en el recuadro siguiente en la columna denominada Type. Seleccione “First In First Out” para escoger de la cola, los clientes que tengan el menor tiempo de entrega.

| Queue - Basic Process | | | | |
|-----------------------|---|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | Name | Type | Shared | Report Statistics |
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Retiene Entidad.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Nota: Este procedimiento aplica para todos los productos que se fabriquen en el sistema. En nuestro caso se procede para la Demanda de B y la Demanda de C.



6.2. Escenario 2. Venta Inmediata o Pérdida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega.

6.2.1. Alimentación de las Variables Externas para el Escenario N° 2.

Las variables externas, representa aquellas que se almacenan en cada uno de los escenarios, sin manipular los nodos o módulos internos de los mismos. Entre las variables externas que se deben modificar se tienen:



Tabla N° 18: Nombres de las Variables Externas para el Escenario N° 2.

| Variable Externas |
|---------------------------------|
| Inventario a la Mano A |
| Inventario a la Mano B |
| Inventario a la Mano C |
| QA |
| QB |
| QC |
| Inventario Total A |
| Inventario Total B |
| Inventario Total C |
| Punto Reorden A |
| Punto Reorden B |
| Punto Reorden C |
| Ausentismo |
| Tiempo de parada por ausentismo |
| Capacidad |
| Aumento |
| Producto en fabricación |
| Variable Tiempo |
| Tiempo de Puesta Punto |

Fuente: Elaboración propia

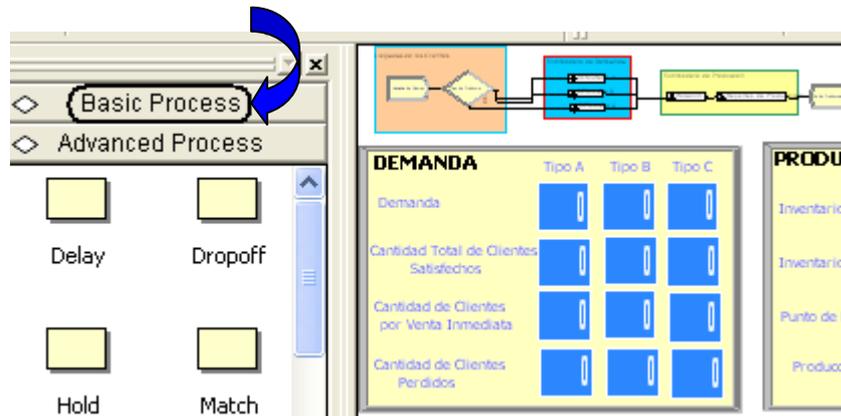
Para ingresar a este escenario, es necesario aplicar los pasos que se explican a continuación:

1. Abrir el Modelo “Escenario 2 Venta Inmediata o Perdida con Prod Cont MTE”, haciendo doble click sobre el.

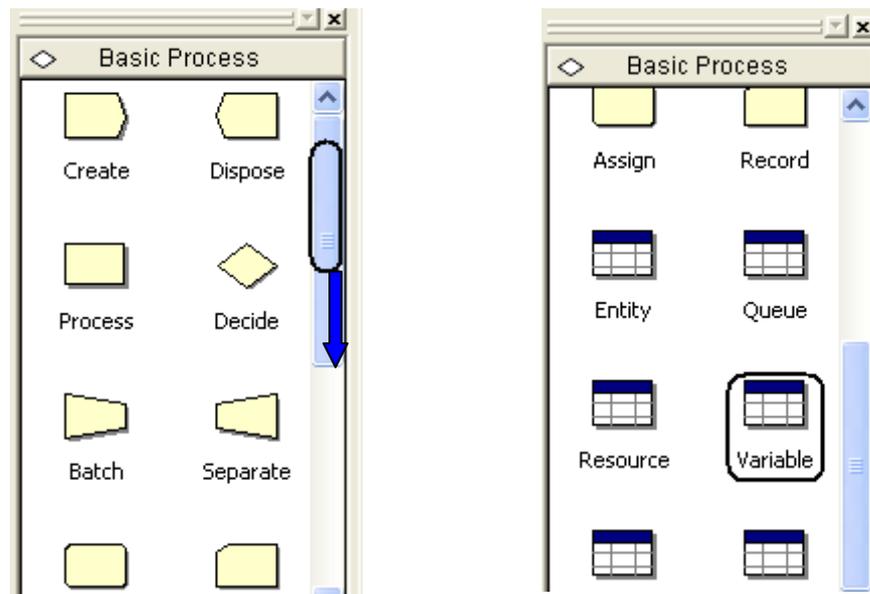
Nota: Para aumentar la figura del modelo que representa el escenario 2, utilice la tecla (+), para disminuir la figura utilice la tecla (-). Para ver el Modelo completo utilice la tecla asterisco (*). Conjuntamente utilice las teclas direccionales para desplazarse hacia arriba, abajo, a la izquierda o la derecha.



2. Haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



3. Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada en miniatura denominada “Variable”.



4. Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadrículada “Variable”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todas las variables, modificando sólo las nombradas al inicio.

| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
|---|--------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventario Mano C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Inventario Total A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Inventario Total B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Inventario Total C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Punto Reorden A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |

5. En la hoja cuadrículada variable encontrará, el nombre de la variable a modificar y en la misma fila, encontrará varios campos. Para cada campo, seleccione haciendo doble click sobre la opción denominada “Initial Values” e introduzca el valor de la variable para el escenario que este estudiando.



| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventarin Mann C. | | | Svstem | 1 rows | <input type="checkbox"/> |

Nota: Para regresar al Modelo Principal, haga click sobre cualquiera de los nodos que se encuentran en la opción ingresada (Basic Process).

6.2.2. Alimentación de las Variables Internas para el Escenario N° 2.

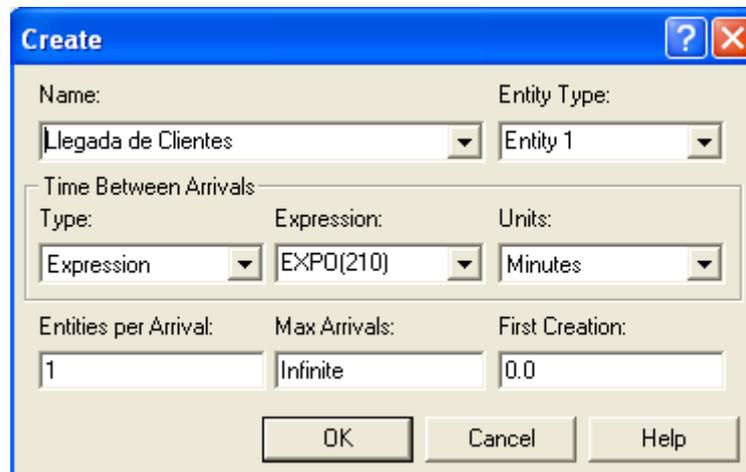
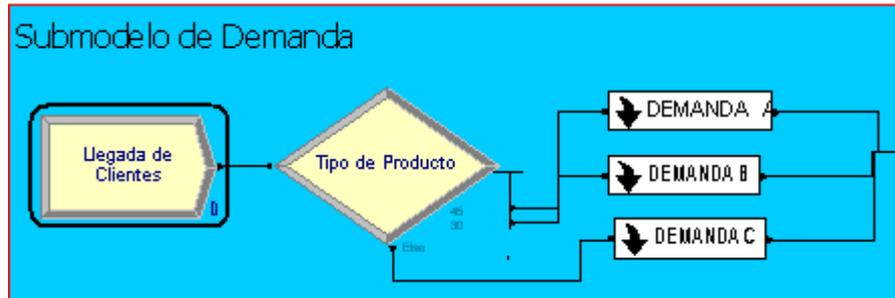
Las variables internas, representa aquellas que se almacenan ingresando a los nodos o módulos internos del modelo o escenario en particular. Entre las variables que se deben modificar se tienen:

Tabla N° 19: Nombres de las Variables a modificar en el escenario N° 2.

| Variable Internas |
|---------------------------|
| Llegada de Clientes |
| Tipo de Producto |
| Cantidad Demandada tipo A |
| Cantidad Demandada tipo B |
| Cantidad Demandada tipo C |

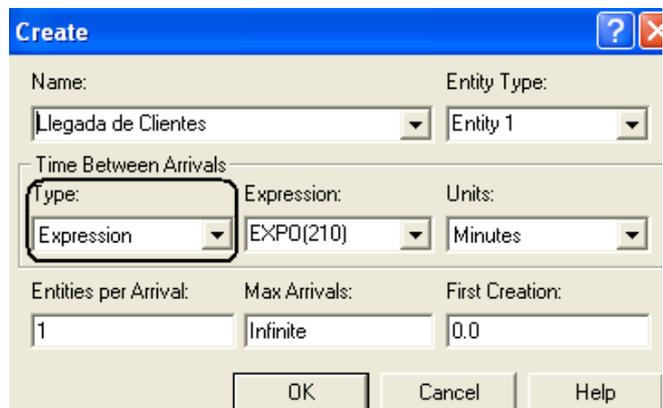
Fuente: Elaboración propia

1. En el modelo, ubique el submodelo denominado “Submodelo de Demanda” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el tipo de distribución que tendrá la llegada de las entidades (puede ser: constante, Random, horario o una expresión). Para este trabajo el tiempo entre llegadas son clientes y es una Expresión. Utilice la flecha para seleccionar una de ellas.



- ❖ “Expresión”: se especifica el valor o la expresión del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes es una expresión Exponencial con media de 210.

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'Expression' field is highlighted with a black box.

- ❖ “Units: se especifica la unidad de tiempo del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes se mide en minutos.

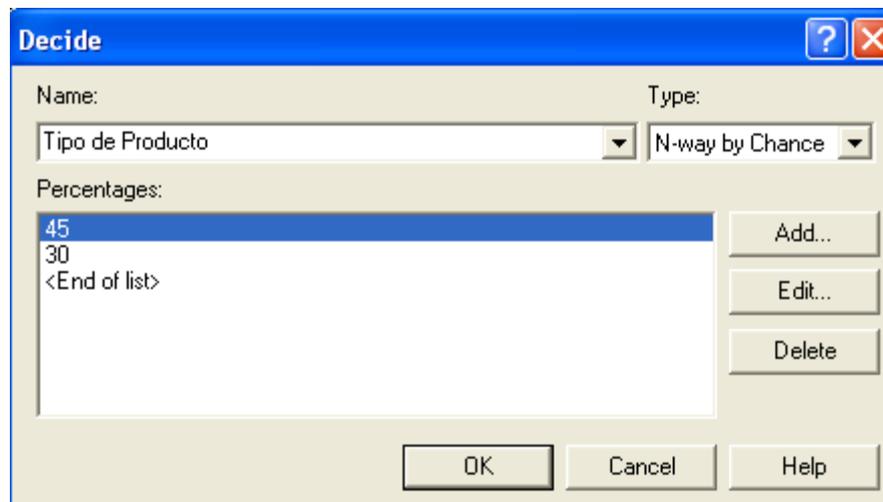
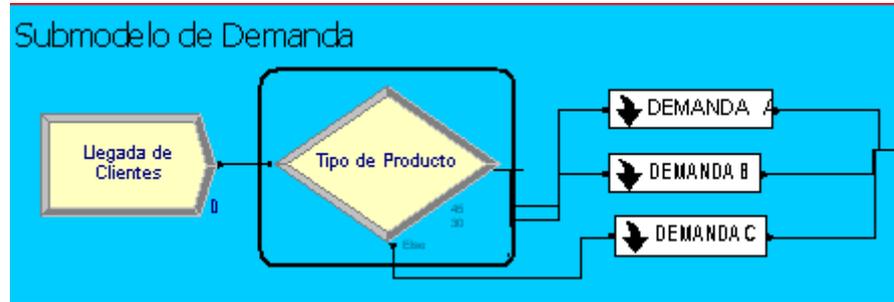
The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'Units' field is highlighted with a black box.

- ❖ “First Creation” se especifica el instante de tiempo en que serán creadas las entidades. Para este trabajo los clientes llegan desde el instante de tiempo cero (0.0).

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'First Creation' field is highlighted with a black box.

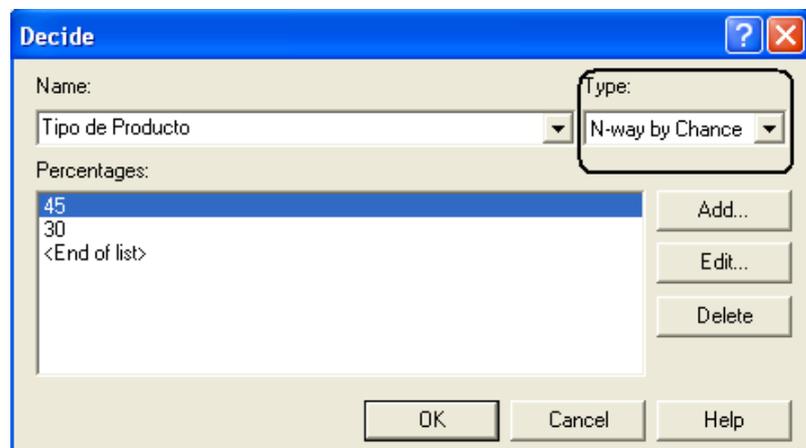
Haga click en la opción **OK**.

2. Ubique el módulo denominado “**Tipo de Producto**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos



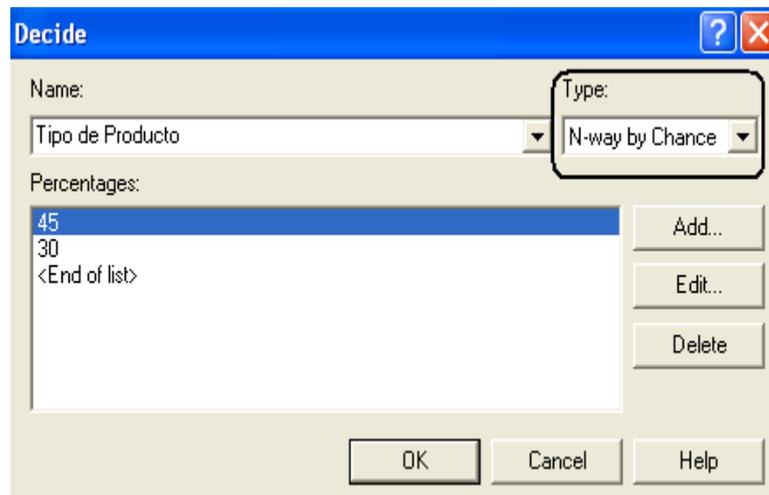
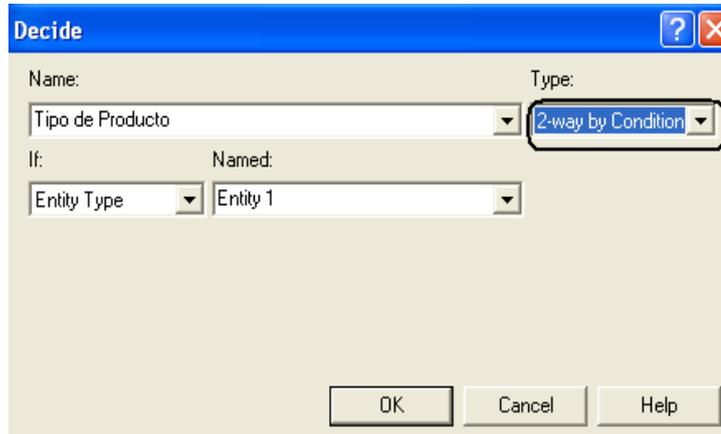
Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema.



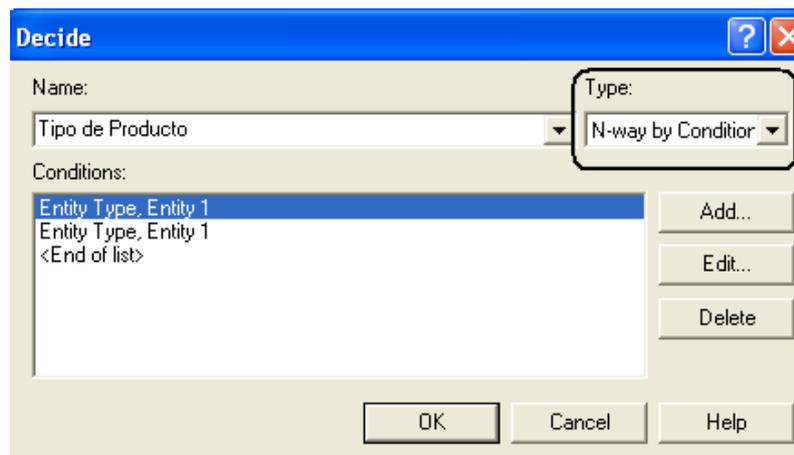
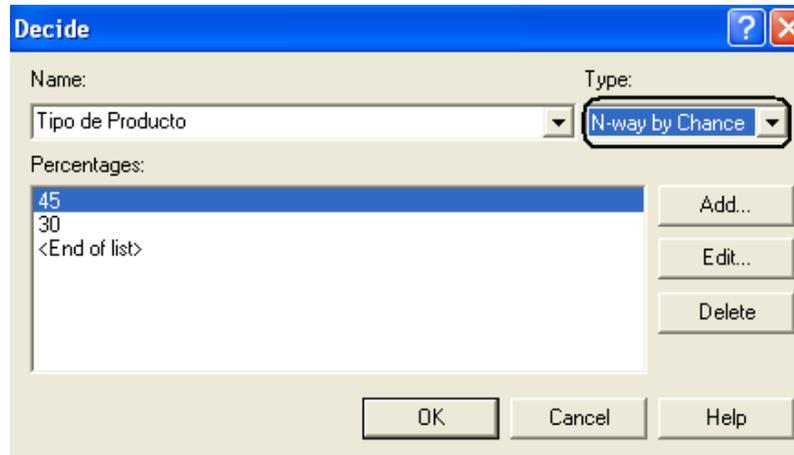


En caso que el sistema de estudio amerite uno (1) o dos (2) caminos, seleccione la opción “2-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.





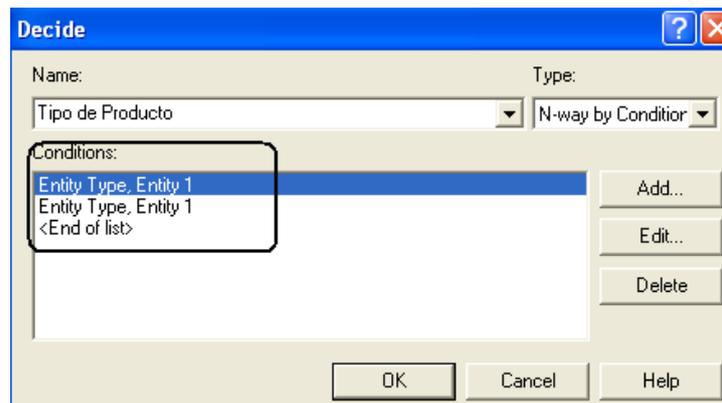
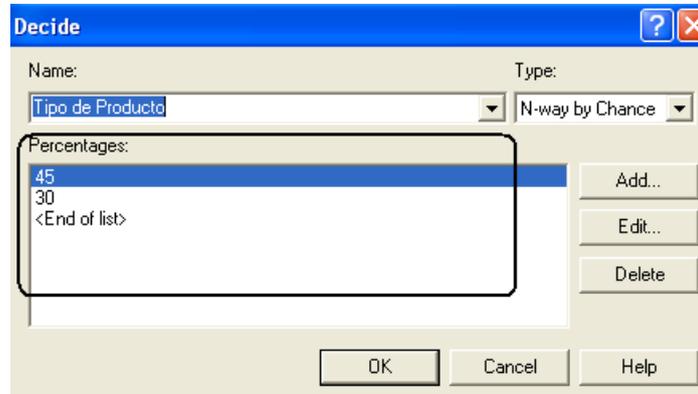
En caso que el sistema de estudio amerite más de tres (3) caminos, seleccione la opción “N-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.



Para este trabajo, el sistema de estudio (escenario 1) amerita más de tres (3) caminos (productos A, B y C) con porcentajes definidos previamente. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

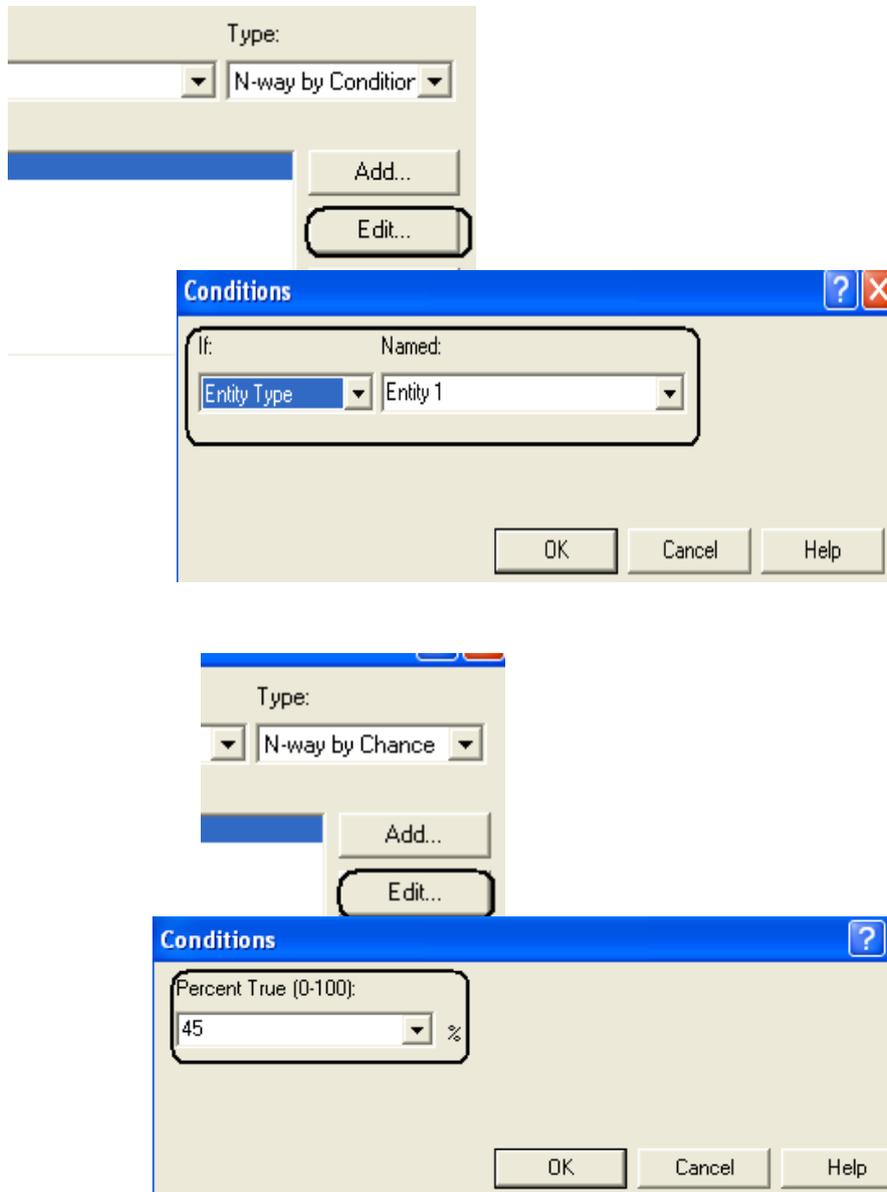


- ❖ “Conditions o Percentages”: en caso de ser la primera, se especifica la condiciones bajo el cual se cumplirá la pregunta especificada en el módulo. En caso de ser la segunda, se ingresa los porcentajes de los caminos a estudiar.





Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “Percent Trae o en la condición” e ingrese la condición o el porcentaje (%) de los caminos a estudiar. la demanda del producto.

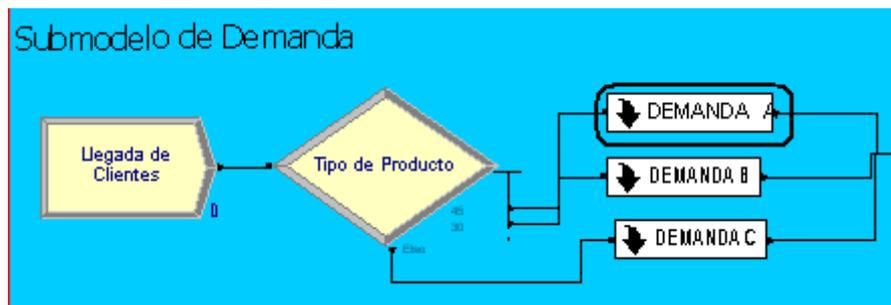


Para este trabajo, los caminos son las demanda porcentuales tres (3) productos (A, B y C), donde el producto tipo A lo demandan el 45% de los clientes, el producto tipo B lo demandan el 30% de los clientes y el producto tipo C lo demandan el 25% de los clientes.

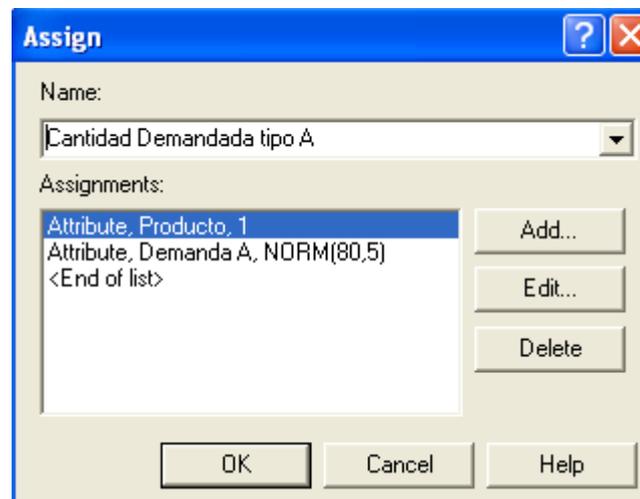
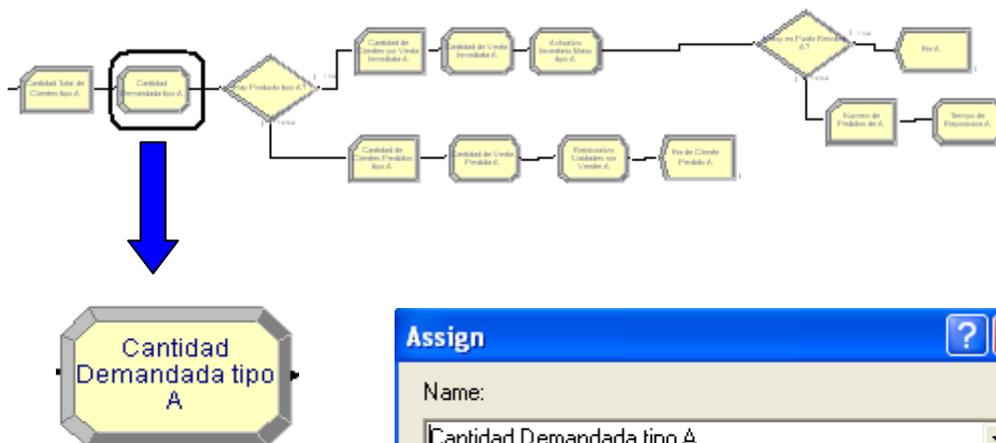
Haga click en la opción **OK**.

Nota: si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

3. Ubique sobre el Submodelo de Demanda el recuadro denominado “**DEMANDA A**” y haga doble click sobre el.



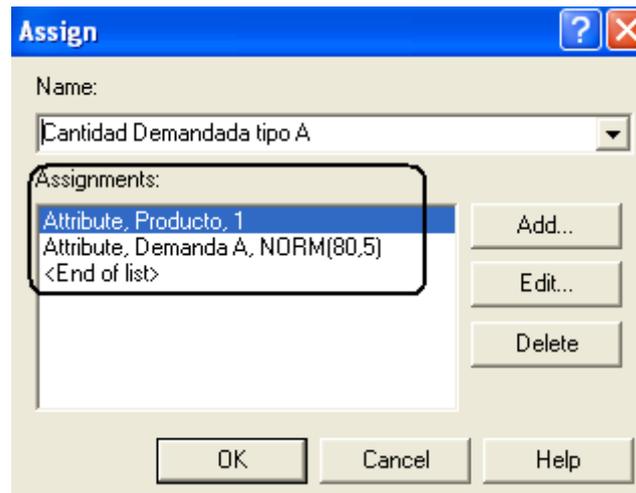
Una vez ingresado, ubique el módulo denominado “**Cantidad Demandada tipo A**” y haga doble click sobre éste. En él se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



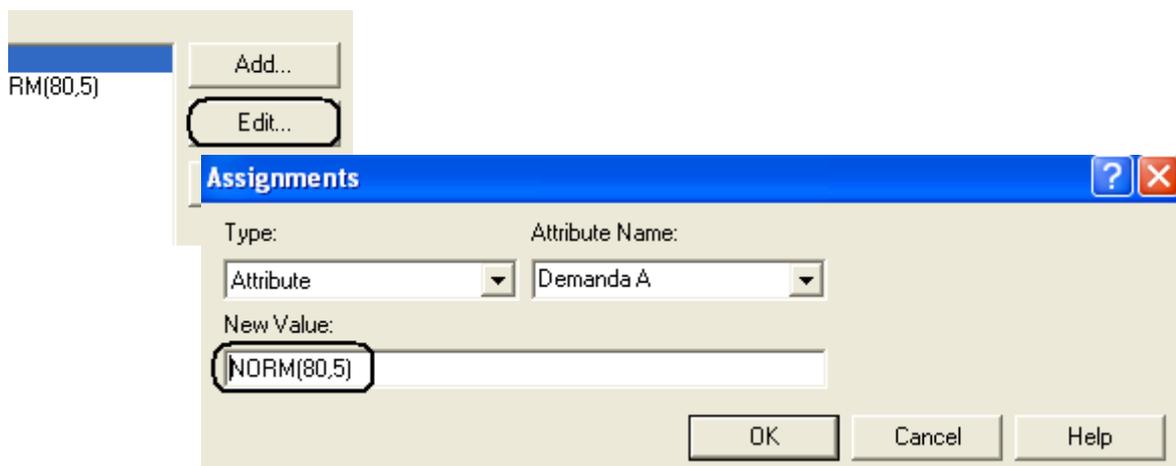


Para este módulo, el campo:

“Assignments”: se asigna la cantidad del producto demandado por el cliente. Adicionalmente se asigna el último de producto que se fabricó en la línea. Para este trabajo, es el producto A.



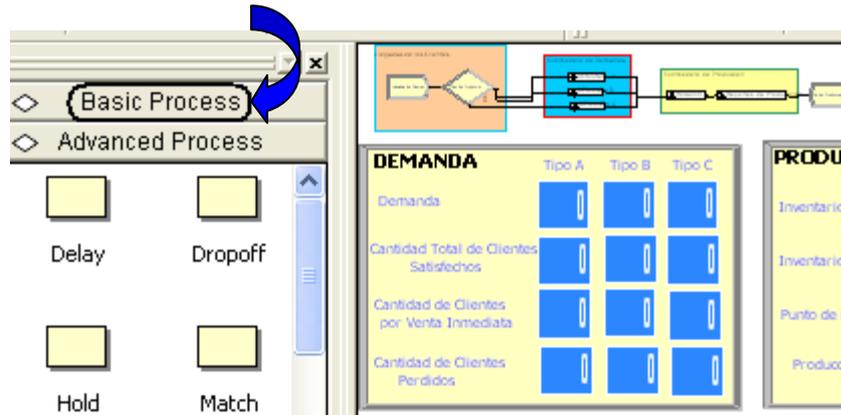
Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “New Value”, e ingrese el valor de la demanda del producto. Para este trabajo es el producto A y su demanda está representada por una distribución Normal(media=80, desviación= 5). De igual manera se procede para el último producto. En nuestro caso es el tipo 1 que es igual al producto tipo A.



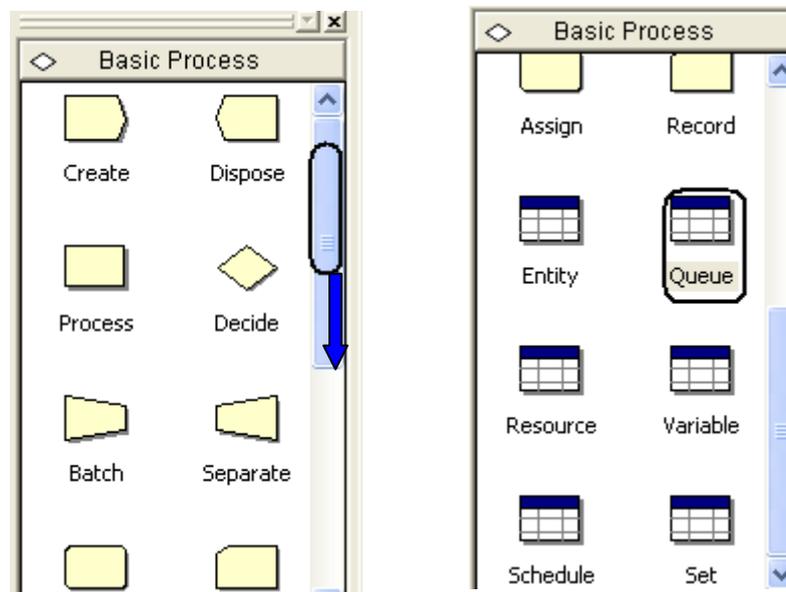
Haga click en la opción **OK**.

Nota: Si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

4. Activar en el sistema de producción la regla de prioridad, para este trabajo es Menor Tiempo de Entrega. Para ello, haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada (en miniatura) denominada “Queue”.



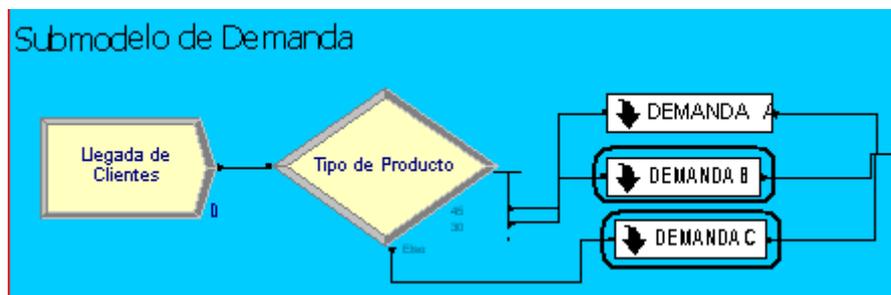
Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Queue”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todos los procesos que ameritan una cola.

| | Nome | Type | Attribute Nam |
|---|---|------------------------|--------------------------------|
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 2 | Retiene Entidad.Queue | Lowest Attribute Value | valor de prioridad de producto |
| 3 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | Attribute 1 |

En la hoja cuadriculada Queue encontrará, el nombre del proceso que se activará la regla de prioridad y en la misma fila, encontrará varios campos. Para este trabajo, el proceso al cual se le debe activar la regla de prioridad FIFO es el llamado “Retiene Entidad.Queue”. Para ello, haga click sobre la flecha en el recuadro siguiente en la columna denominada Type. Seleccione “First In First Out” para escoger de la cola, los clientes que tengan el menor tiempo de entrega.

| | Nome | Type | Attribute Nam |
|---|---|------------------------|--------------------------------|
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 2 | Retiene Entidad.Queue | Lowest Attribute Value | valor de prioridad de producto |
| 3 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | Attribute 1 |

Nota: Este procedimiento aplica para todos los productos que se fabriquen en el sistema. Para este trabajo se procede para la Demanda de B y la Demanda de C.





6.3. Escenario 3. Venta Inmediata Total o Parcial (Back Order) bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad FIFO.

6.3.1. Alimentación de las Variables Externas para el Escenario N° 3.

Las variables externas, representa aquellas que se almacenan en cada uno de los escenarios, sin manipular los nodos o módulos internos de los mismos. Entre las variables externas que se deben modificar se tienen:

Tabla N° 20: Nombres de las Variables Externas para el Escenario N° 3.

| Variable Externas |
|---------------------------------|
| Inventario a la Mano A |
| Inventario a la Mano B |
| Inventario a la Mano C |
| QA |
| QB |
| QC |
| Inventario Total A |
| Inventario Total B |
| Inventario Total C |
| Punto Reorden A |
| Punto Reorden B |
| Punto Reorden C |
| Ausentismo |
| Tiempo de parada por ausentismo |
| Capacidad |
| Aumento |
| Producto en fabricación |
| Variable Tiempo |
| Tiempo de Puesta Punto |

Fuente: Elaboración propia

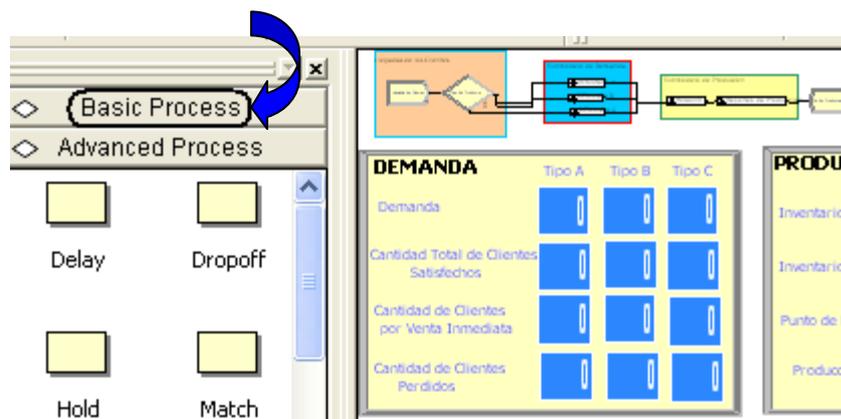
Para ingresar a este escenario, es necesario aplicar los pasos que se explican a continuación:

1. Abrir el Modelo “**Escenario 3 Venta Inmediata Total o Parcial (Back Order) con Prod Cont FIFO**”, haciendo doble click sobre el.

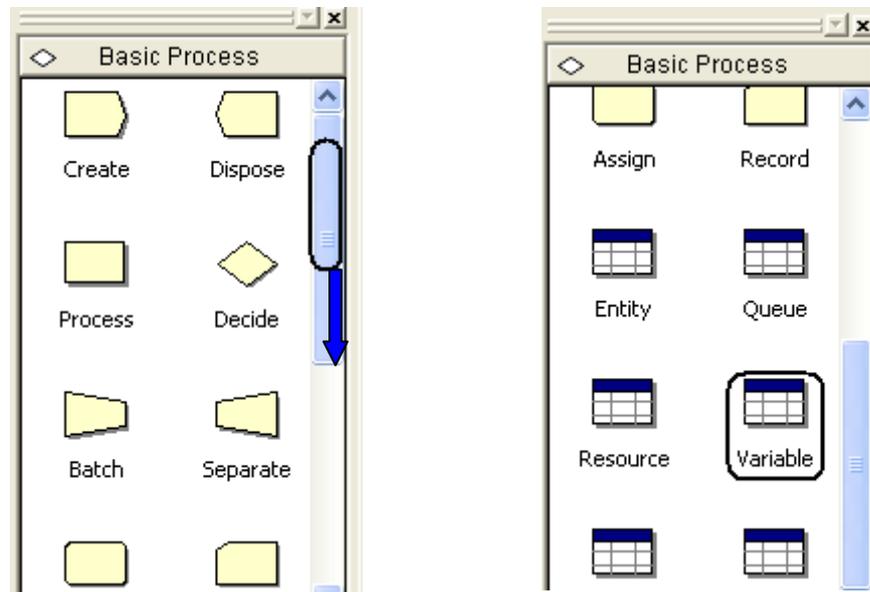
Nota: Para aumentar la figura del modelo que representa el escenario 3, utilice la tecla (+), para disminuir la figura utilice la tecla (-). Para ver el Modelo completo utilice la tecla asterisco (*). Conjuntamente utilice las teclas direccionales para desplazarse hacia arriba, abajo, a la izquierda o la derecha.



2. Haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



3. Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada en miniatura denominada “Variable”.



4. Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Variable”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todas las variables, modificando sólo las nombradas al inicio.

| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventario Mano C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Inventario Total A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Inventario Total B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Inventario Total C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Punto Reorden A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |

5. En la hoja cuadriculada variable encontrará, el nombre de la variable a modificar y en la misma fila, encontrará varios campos. Para cada campo, seleccione haciendo doble click sobre la opción denominada “Initial Values” e introduzca el valor de la variable para el escenario que este estudiando.



| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventarin Mann C. | | | Svstem | 1 rows | <input type="checkbox"/> |

Nota: Para regresar al Modelo Principal, haga click sobre cualquiera de los nodos que se encuentran en la opción ingresada (Basic Process).

6.3.2. Alimentación de las Variables Internas para el Escenario N° 3.

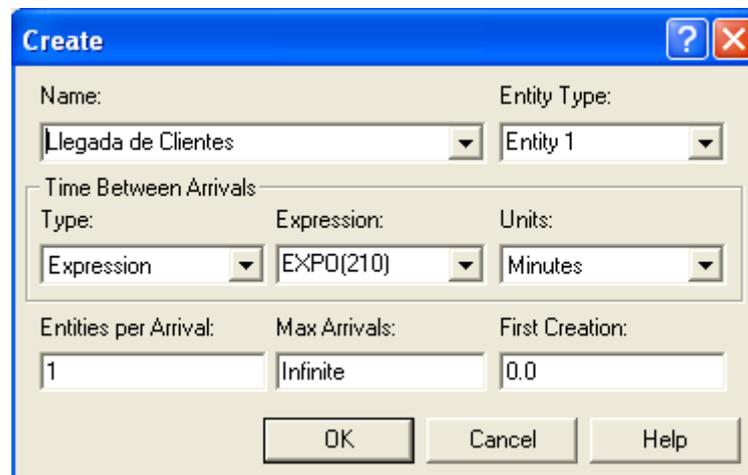
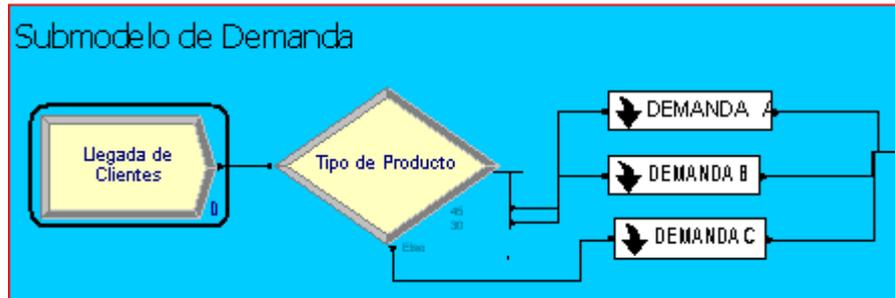
Las variables internas, representa aquellas que se almacenan ingresando a los nodos o módulos internos del modelo o escenario en particular. Entre las variables que se deben modificar se tienen:

Tabla N° 21: Nombres de las Variables a modificar en el escenario N° 3.

| Variable Internas |
|---------------------------|
| Llegada de Clientes |
| Tipo de Producto |
| Cantidad Demandada tipo A |
| Cantidad Demandada tipo B |
| Cantidad Demandada tipo C |
| Acepta Back Order A? |
| Acepta Back Order B? |
| Acepta Back Order B? |
| Pido Resto de A? |
| Pido Resto de B? |
| Pido Resto de C? |

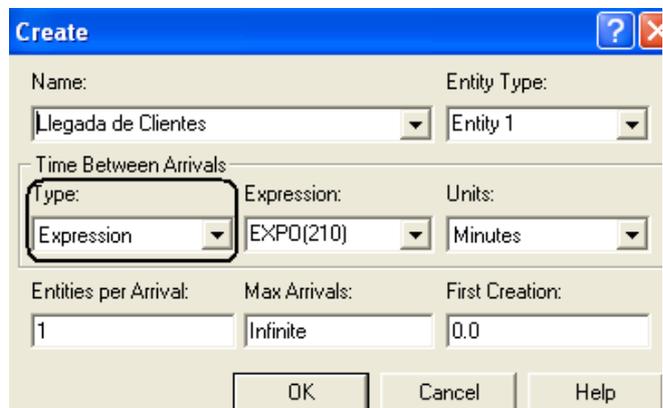
Fuente: Elaboración propia

1. En el modelo, ubique el submodelo denominado “**Submodelo de Demanda**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



Para este modulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el tipo de distribución que tendrá la llegada de las entidades (puede ser: constante, Random, horario o una expresión). Para este trabajo el tiempo entre llegadas son clientes y es una Expresión. Utilice la flecha para seleccionar una de ellas.



- ❖ “Expresión”: se especifica el valor o la expresión del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes es una expresión Exponencial con media de 210.

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'Expression' field is highlighted with a black box.

- ❖ “Units: se especifica la unidad de tiempo del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes se mide en minutos.

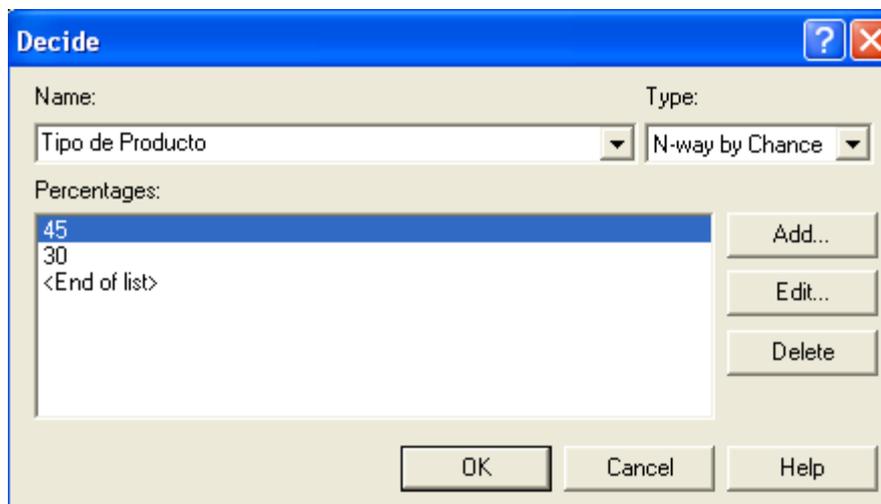
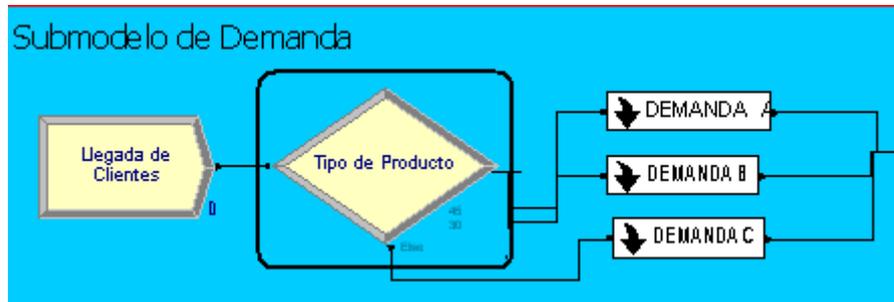
The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'Units' field is highlighted with a black box.

- ❖ “First Creation” se especifica el instante de tiempo en que serán creadas las entidades. Para este trabajo los clientes llegan desde el instante de tiempo cero (0.0).

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'First Creation' field is highlighted with a black box.

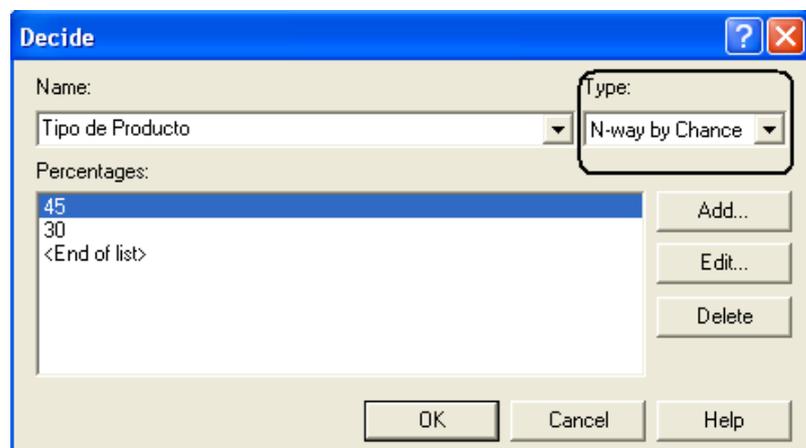
Haga click en la opción **OK**.

2. Ubique el módulo denominado “Tipo de Producto” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos



Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema.





En caso que el sistema de estudio amerite uno (1) o dos (2) caminos, seleccione la opción “2-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.

The 'Decide' dialog box has a blue title bar with a question mark and a close button. It contains the following fields:

- Name: Tipo de Producto
- Type: 2-way by Condition
- If: Entity Type
- Named: Entity 1

Buttons: OK, Cancel, Help

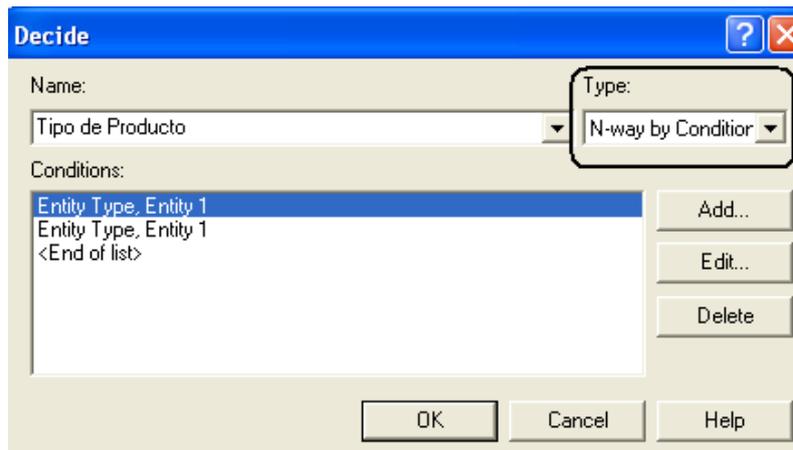
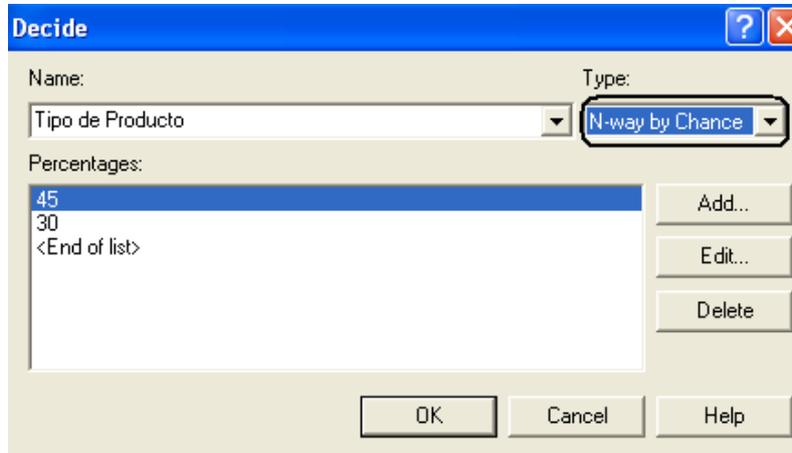
The 'Decide' dialog box has a blue title bar with a question mark and a close button. It contains the following fields:

- Name: Tipo de Producto
- Type: N-way by Chance
- Percentages: 45, 30, <End of list>

Buttons: Add..., Edit..., Delete, OK, Cancel, Help



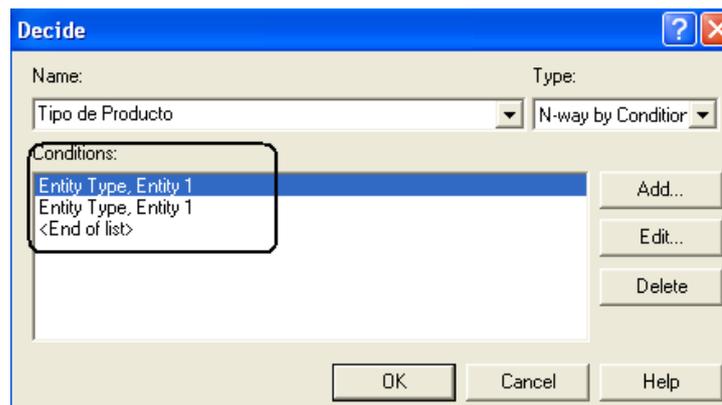
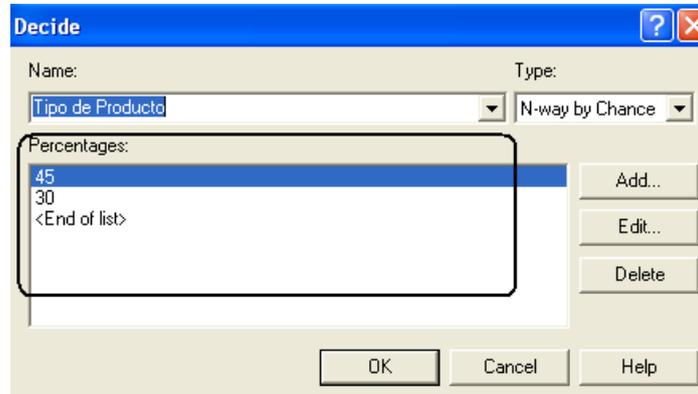
En caso que el sistema de estudio amerite más de tres (3) caminos, seleccione la opción “N-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.



Para este trabajo, el sistema de estudio (escenario 1) amerita más de tres (3) caminos (productos A, B y C) con porcentajes definidos previamente. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

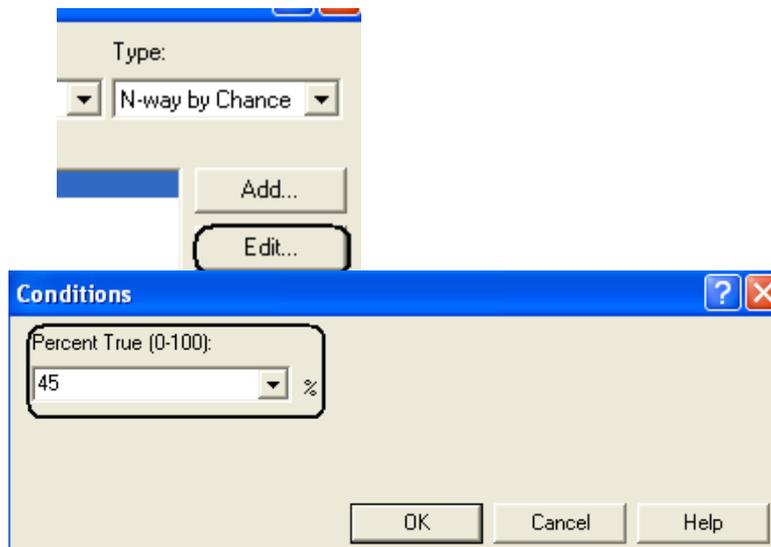
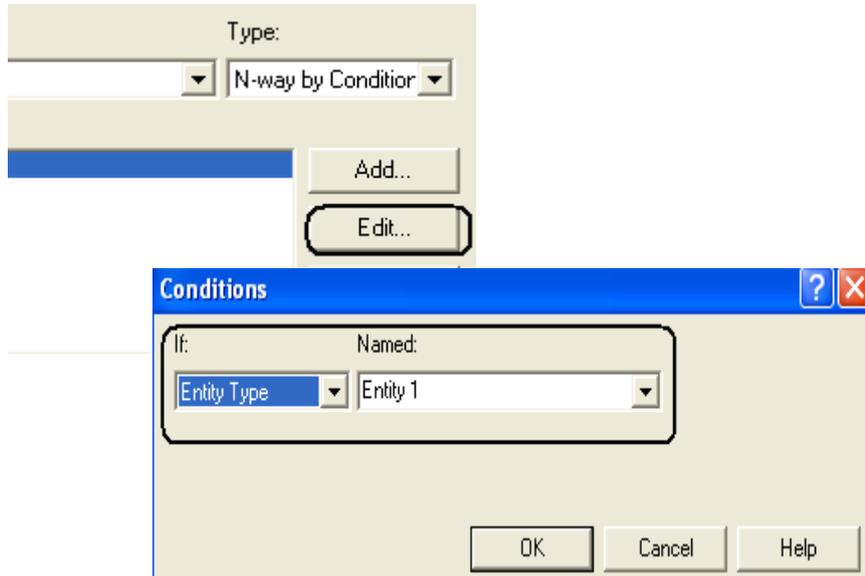


- ❖ “Conditions o Percentages”: en caso de ser la primera, se especifica la condiciones bajo el cual se cumplirá la pregunta especificada en el modulo. En caso de ser la segunda, se ingresa los porcentajes de los caminos a estudiar.





Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “Percent Trae o en la condición” e ingrese la condición o el porcentaje (%) de los caminos a estudiar. la demanda del producto.

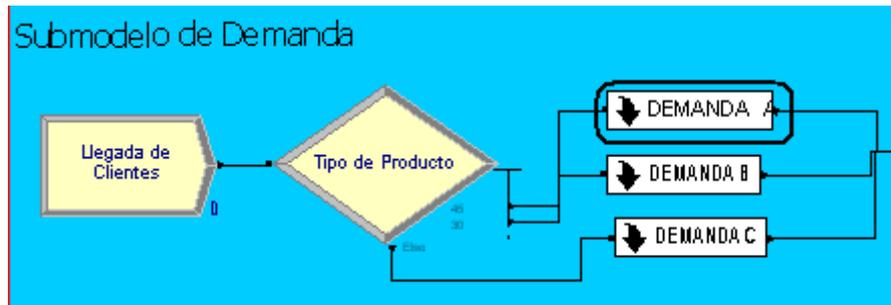


Para este trabajo, los caminos son las demanda porcentuales tres (3) productos (A, B y C), donde el producto tipo A lo demandan el 45% de los clientes, el producto tipo B lo demandan el 30% de los clientes y el producto tipo C lo demandan el 25% de los clientes.

Haga click en la opción **OK**.

Nota: si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

3. Ubique sobre el Submodelo de Demanda el recuadro denominado “**DEMANDA A**” y haga doble click sobre el.



Una vez ingresado, ubique el módulo denominado “**Cantidad Demandada tipo A**” y haga doble click sobre éste. En él se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.

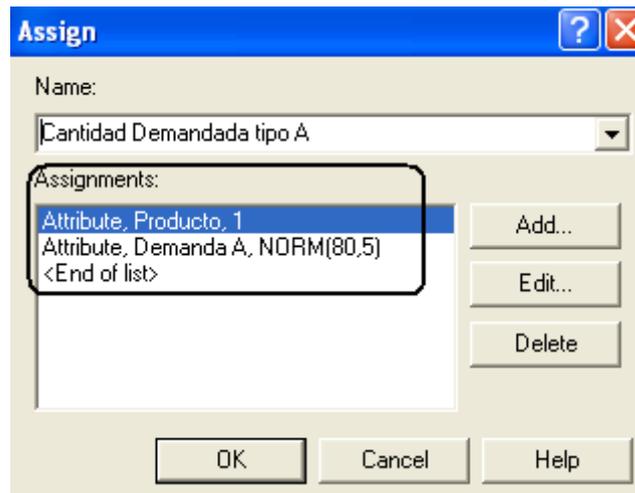
The diagram shows a flowchart where a box labeled "Cantidad Demandada tipo A" is highlighted with a blue arrow pointing to a larger box labeled "Cantidad Demandada tipo A". Below this, a screenshot of the "Assign" dialog box is shown. The dialog box has a title bar with a question mark and a close button. It contains the following fields and controls:

- Name:** A dropdown menu with the text "Cantidad Demandada tipo A".
- Assignments:** A list box containing:
 - Attribute, Producto, 1
 - Attribute, Demanda A, NORM(80,5)
 - <End of list>
- Buttons:** "Add...", "Edit...", "Delete", "OK", "Cancel", and "Help".

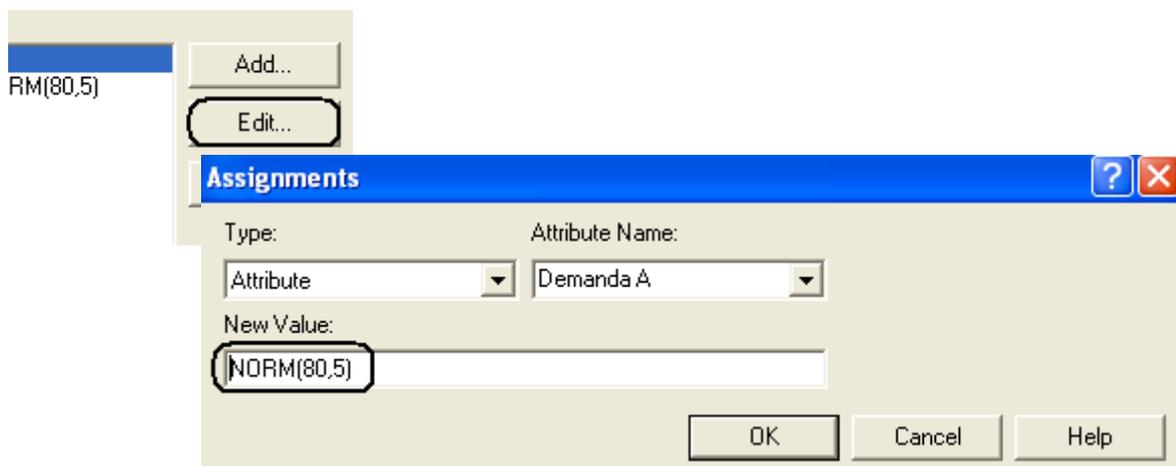


Para este módulo, el campo:

“Assignments”: se asigna la cantidad del producto demandado por el cliente. Adicionalmente se asigna el último de producto que se fabricó en la línea. En nuestro caso, es el producto A.



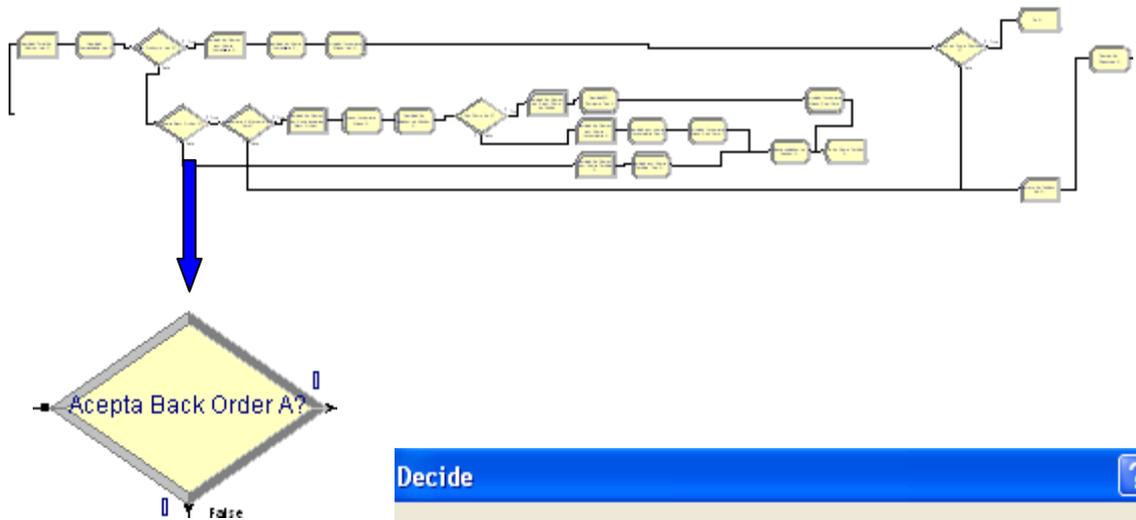
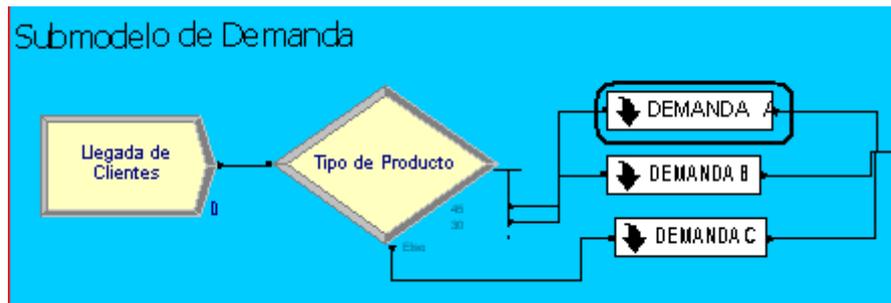
Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “New Value”, e ingrese el valor de la demanda del producto. Para este trabajo es el producto A y su demanda está representada por una distribución Normal(media=80, desviación= 5). De igual manera se procede para el último producto. En nuestro caso es el tipo 1 que es igual al producto tipo A.



Haga click en la opción **OK**.

Nota: Si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

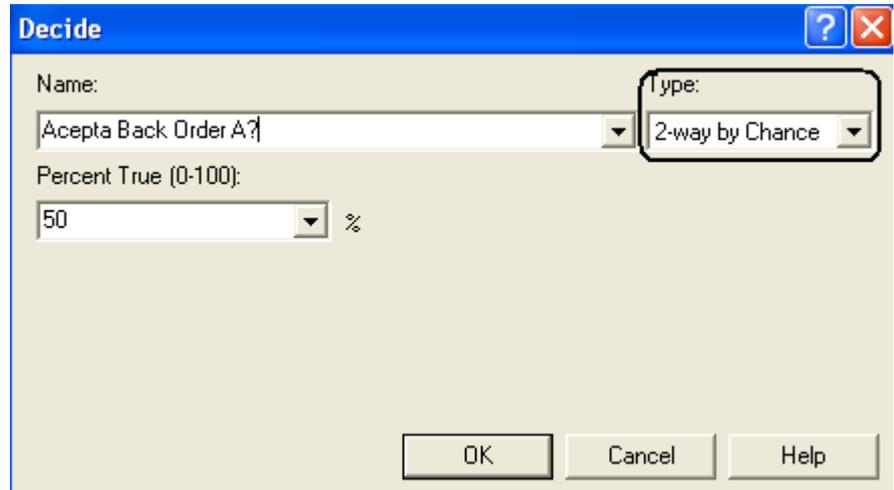
4. En el mismo recuadro denominado **DEMANDA A** del submodelo de demanda, ubique el modulo denominado “**Acepta Back Order A**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



| Name: | Type: |
|-----------------------|-----------------|
| Acepta Back Order A? | 2-way by Chance |
| Percent True (0-100): | 50 % |

Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema. Para este trabajo, el sistema de estudio

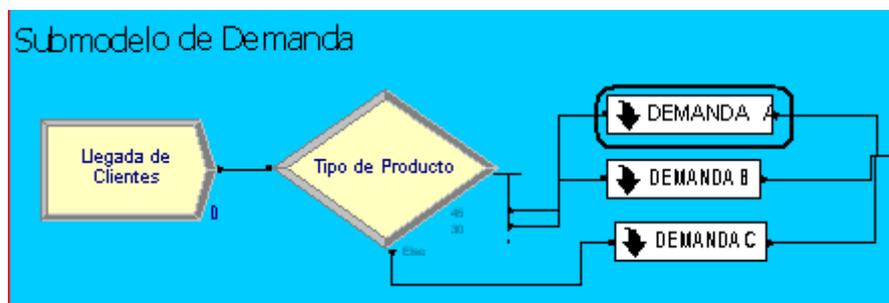


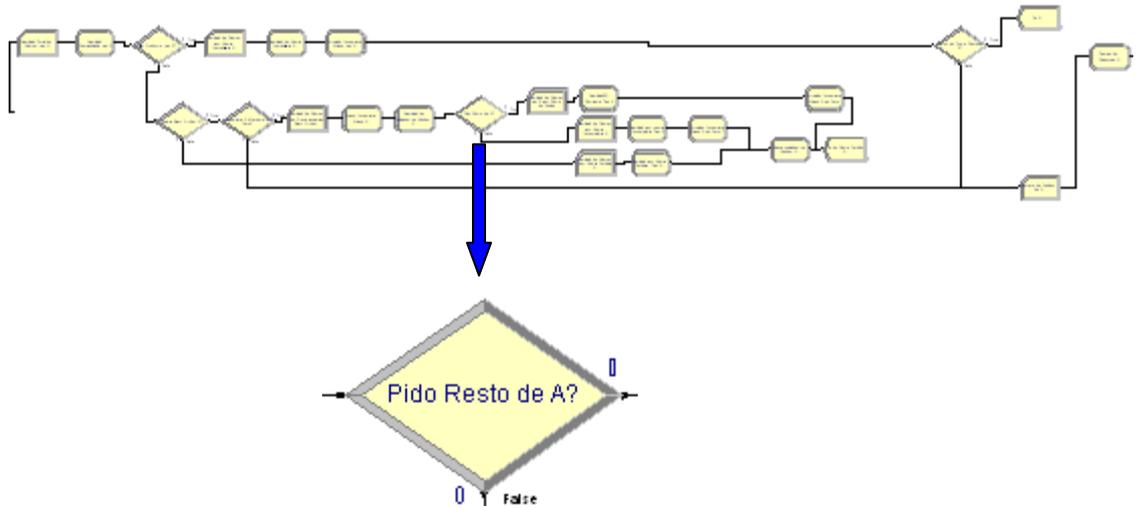
(escenario 3) amerita dos (2) caminos. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

- ❖ “Percentages”: se ingresa el porcentaje de los clientes que aceptan una cantidad menor a la cantidad total solicitada (demanda). En nuestro caso se le da un porcentaje de ocurrencia del 50% al evento en estudio.

Haga click en la opción **OK**.

5. En el mismo recuadro denominado **DEMANDA A** del submodelo de demanda, ubique el modulo denominado “**Pido Resto de A**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.





Para este módulo, el campo:

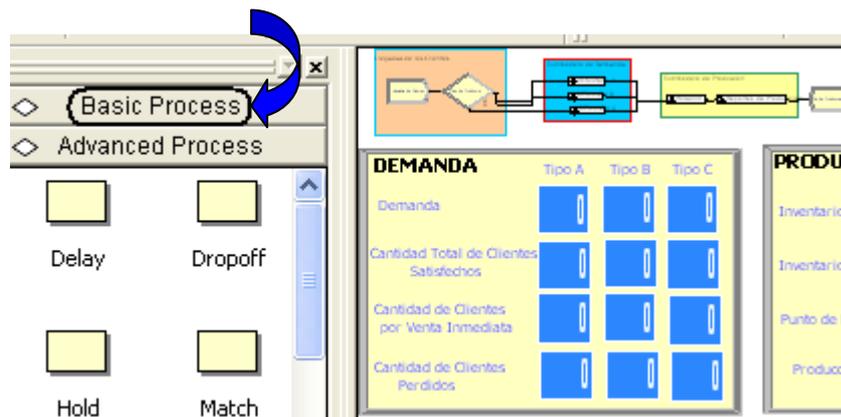
- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema. Para este trabajo, el sistema de estudio (escenario 3) amerita dos (2)

caminos. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

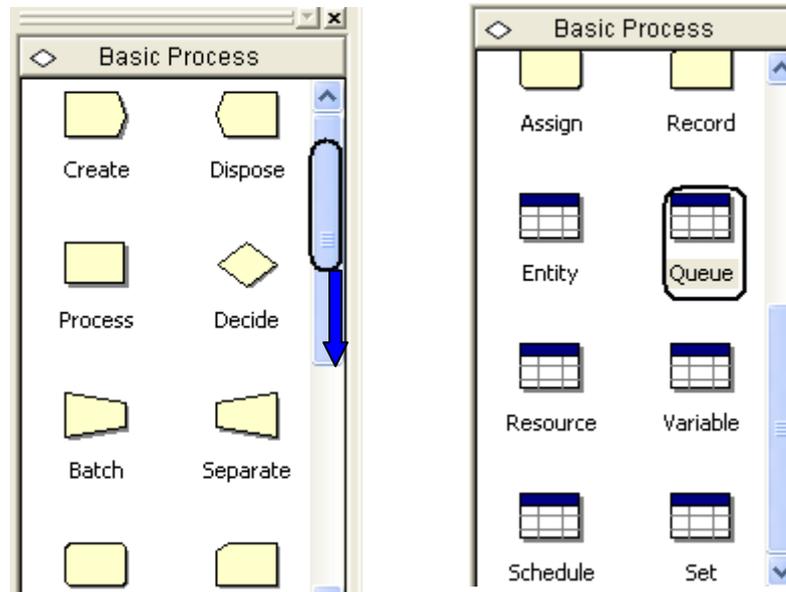
- ❖ “Percentages”: se ingresa el porcentaje de los clientes que aparte de aceptar el Back Order (una cantidad menor a la demanda), hacen el pedido de la cantidad restante. En nuestro caso se le da un porcentaje de ocurrencia del 50% al evento en estudio.

Haga click en la opción **OK**.

6. Activar en el sistema de producción la regla de prioridad, para este trabajo es FIFO. Para ello, haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada (en miniatura) denominada “Queue”.



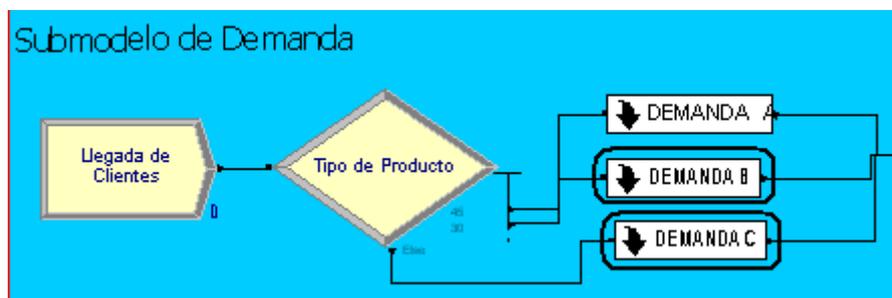
Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Queue”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todos los procesos que ameritan una cola.

| Queue - Basic Process | | | | |
|-----------------------|---|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | Name | Type | Shared | Report Statistics |
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Retiene Entidad.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

En la hoja cuadriculada Queue encontrará, el nombre del proceso que se activará la regla de prioridad y en la misma fila, encontrará varios campos. Para este trabajo, el proceso al cual se le debe activar la regla de prioridad FIFO es el llamado “Retiene Entidad.Queue”. Para ello, haga click sobre la flecha en el recuadro siguiente en la columna denominada Type. Seleccione “First In First Out” para escoger de la cola, los clientes que tengan el menor tiempo de entrega.

| Queue - Basic Process | | | | |
|-----------------------|---|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | Name | Type | Shared | Report Statistics |
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Retiene Entidad.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Nota: Este procedimiento aplica para todos los productos que se fabriquen en el sistema. Para este trabajo se procede para la Demanda de B y la Demanda de C.



6.4. Escenario Nº 4. Venta Inmediata Total o Parcial (Back Order) bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega.

6.4.1. Alimentación de las Variables Externas para el Escenario Nº 4.

Las variables externas, representa aquellas que se almacenan en cada uno de los escenarios, sin manipular los nodos o módulos internos de los mismos. Entre las variables externas que se deben modificar se tienen:



Tabla N° 22: Nombres de las Variables Externas para el Escenario N° 4.

| Variable Externas |
|---------------------------------|
| Inventario a la Mano A |
| Inventario a la Mano B |
| Inventario a la Mano C |
| QA |
| QB |
| QC |
| Inventario Total A |
| Inventario Total B |
| Inventario Total C |
| Punto Reorden A |
| Punto Reorden B |
| Punto Reorden C |
| Ausentismo |
| Tiempo de parada por ausentismo |
| Capacidad |
| Aumento |
| Producto en fabricación |
| Variable Tiempo |
| Tiempo de Puesta Punto |

Fuente: Elaboración propia

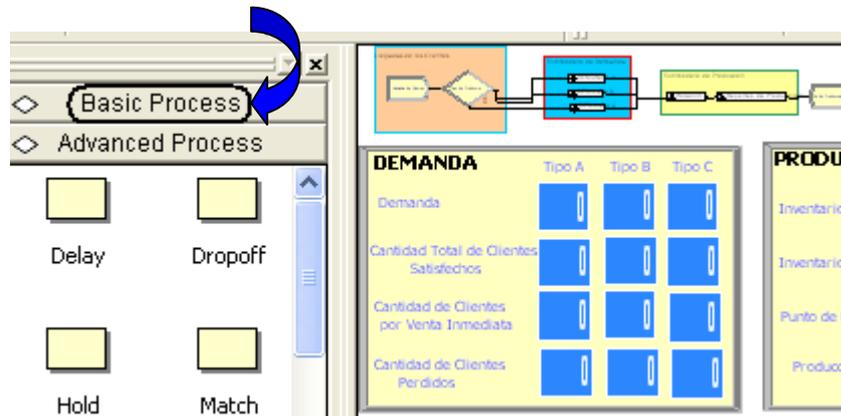
Para ingresar a este escenario, es necesario aplicar los pasos que se explican a continuación:

1. Abrir el Modelo “Escenario Nº 4 Venta Inmediata Total o Parcial (Back Order) con Prod Cont MTE”, haciendo doble click sobre el.

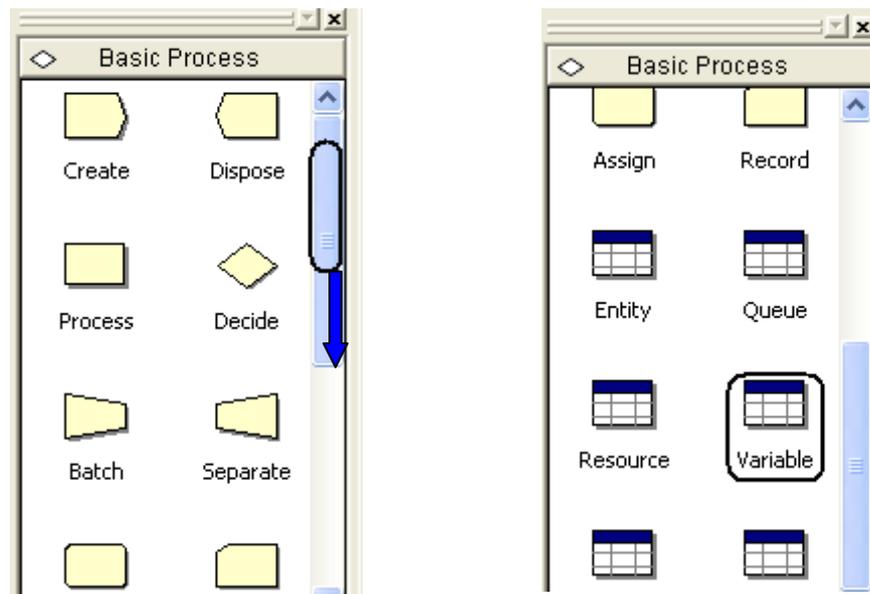
Nota: Para aumentar la figura del modelo que representa el escenario 4, utilice la tecla (+), para disminuir la figura utilice la tecla (-). Para ver el Modelo completo utilice la tecla asterisco (*). Conjuntamente utilice las teclas direccionales para desplazarse hacia arriba, abajo, a la izquierda o la derecha.



2. Haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



3. Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada en miniatura denominada “Variable”.



4. Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Variable”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todas las variables, modificando sólo las nombradas al inicio.

| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventario Mano C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Inventario Total A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Inventario Total B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Inventario Total C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Punto Reorden A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |

5. En la hoja cuadriculada variable encontrará, el nombre de la variable a modificar y en la misma fila, encontrará varios campos. Para cada campo, seleccione haciendo doble click sobre la opción denominada “Initial Values” e introduzca el valor de la variable para el escenario que este estudiando.

| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventarin Mann C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |



Nota: Para regresar al Modelo Principal, haga click sobre cualquiera de los nodos que se encuentran en la opción ingresada (Basic Process).

6.4.2. Alimentación de las Variables Internas para el Escenario N° 4.

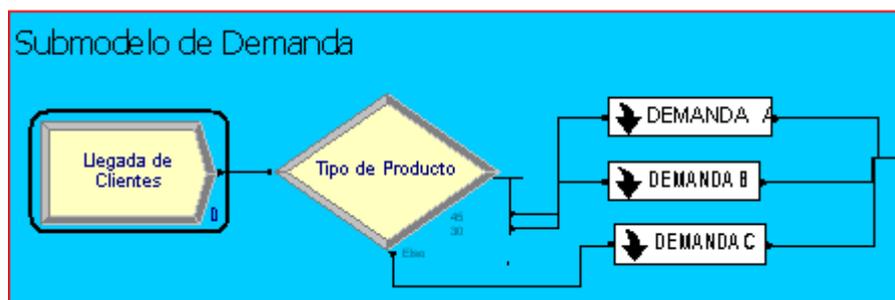
Las variables internas, representa aquellas que se almacenan ingresando a los nodos o módulos internos del modelo o escenario en particular. Entre las variables que se deben modificar se tienen:

Tabla N° 23: Nombres de las Variables a modificar en el escenario N° 4.

| Variable Internas |
|---------------------------|
| Llegada de Clientes |
| Tipo de Producto |
| Cantidad Demandada tipo A |
| Cantidad Demandada tipo B |
| Cantidad Demandada tipo C |
| Acepta Back Order A? |
| Acepta Back Order B? |
| Acepta Back Order B? |
| Pido Resto de A? |
| Pido Resto de B? |
| Pido Resto de C? |

Fuente: Elaboración propia

1. En el modelo, ubique el submodelo denominado “**Submodelo de Demanda**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.

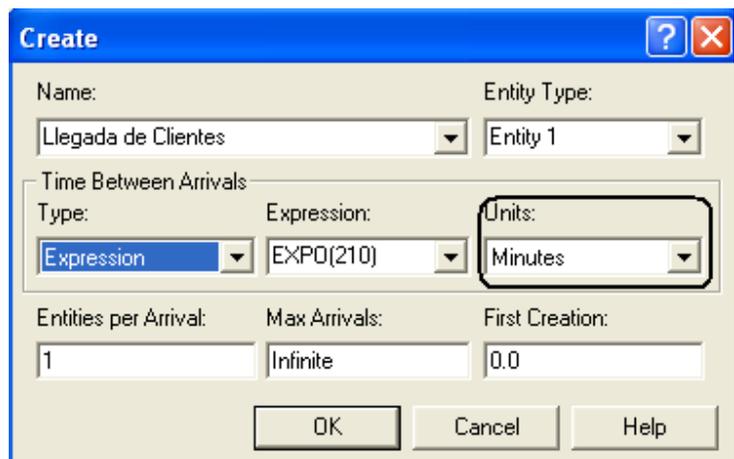


Para este módulo, el campo:

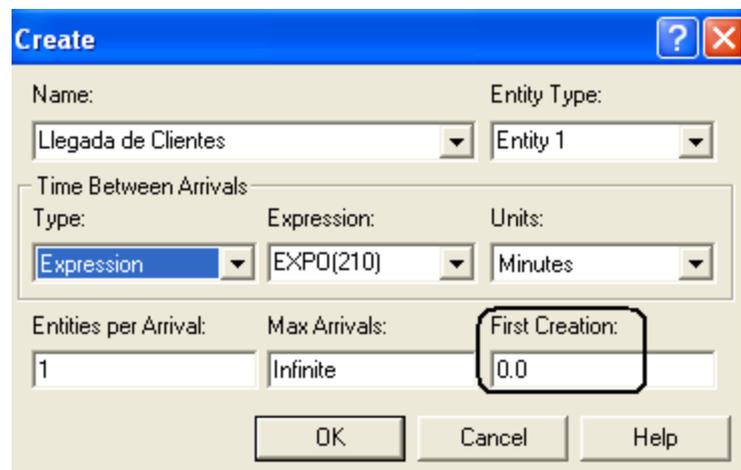
- ❖ “Type”: se especifica el tipo de distribución que tendrá la llegada de las entidades (puede ser: constante, Random, horario o una expresión). Para este trabajo el tiempo entre llegadas son clientes y es una Expresión. Utilice la flecha para seleccionar una de ellas.

- ❖ “Expresión”: se especifica el valor o la expresión del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes es una expresión Exponencial con media de 210.

- ❖ “Units: se especifica la unidad de tiempo del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes se mide en minutos.

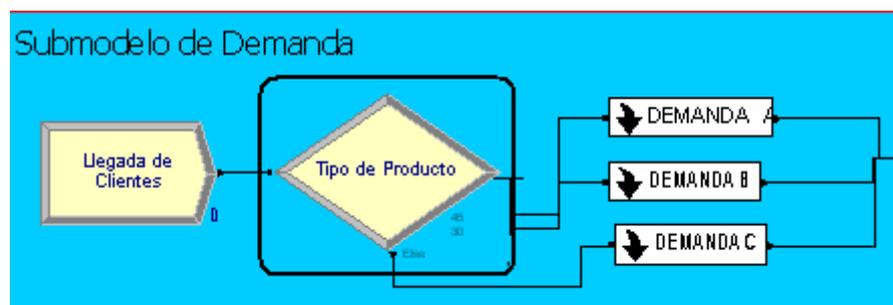


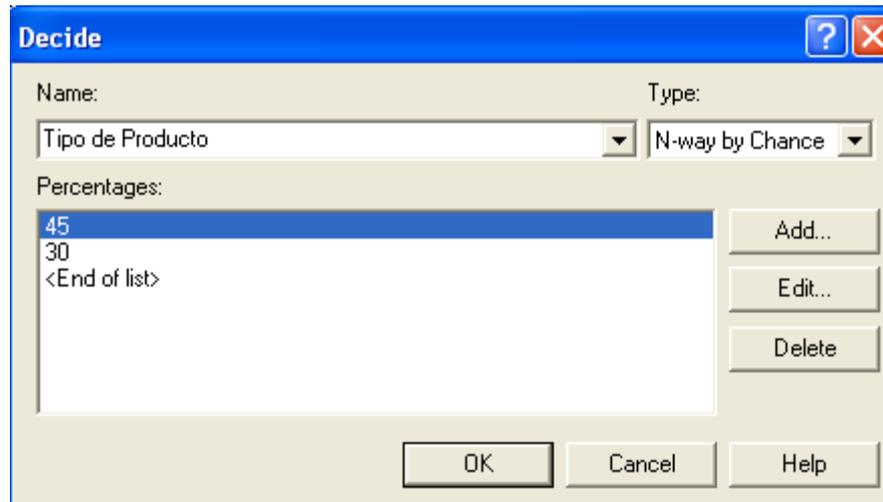
- ❖ “First Creation” se especifica el instante de tiempo en que serán creadas las entidades. Para este trabajo los clientes llegan desde el instante de tiempo cero (0.0).



Haga click en la opción **OK**.

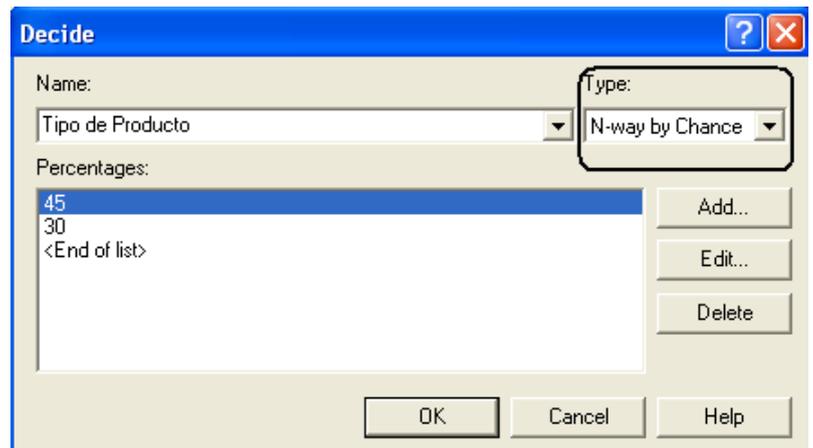
2. Ubique el módulo denominado “**Tipo de Producto**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos



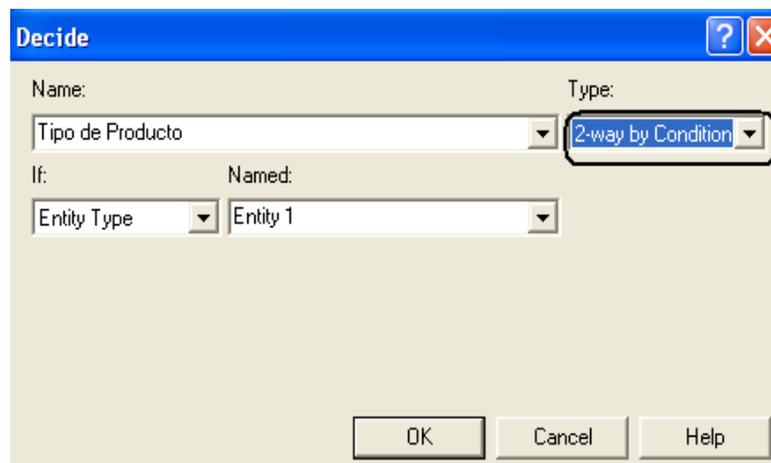


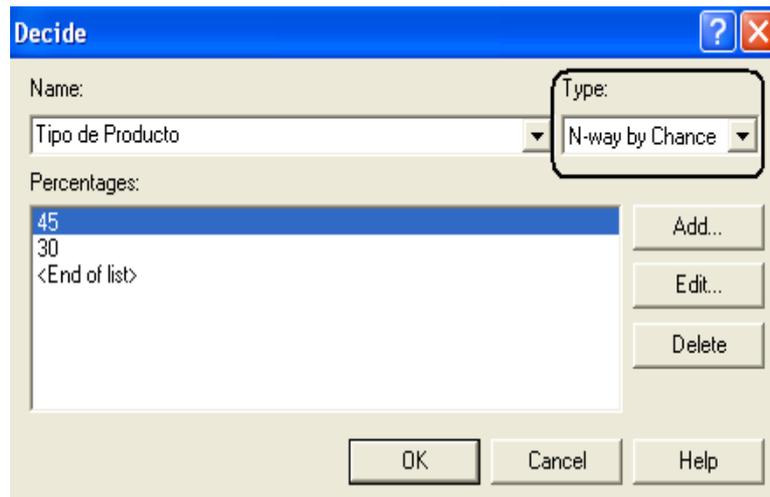
Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema.

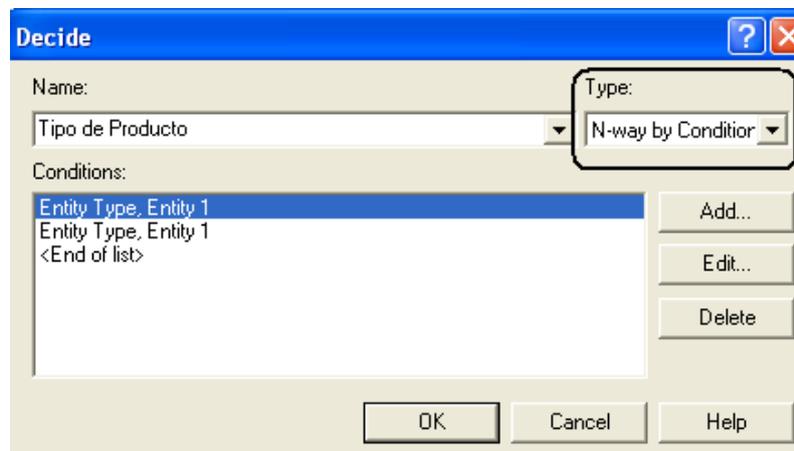
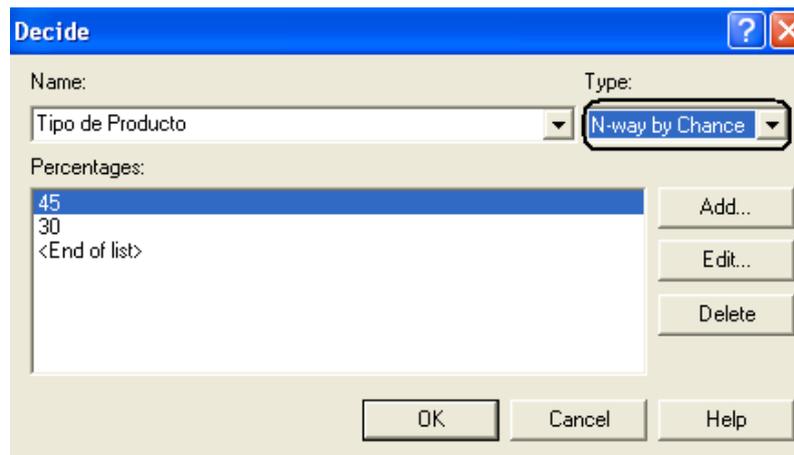


En caso que el sistema de estudio amerite uno (1) o dos (2) caminos, seleccione la opción “2-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.





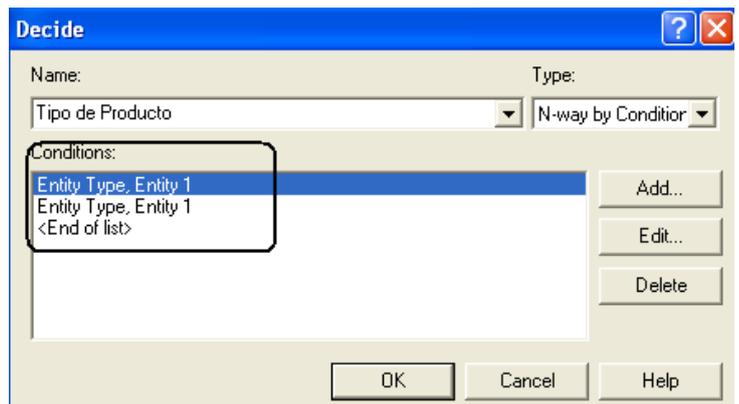
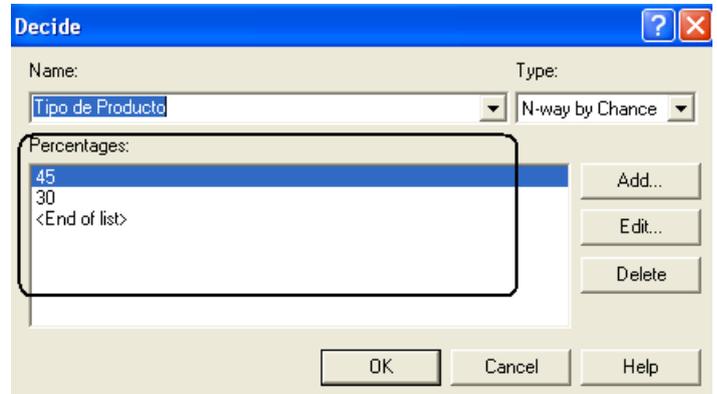
En caso que el sistema de estudio amerite más de tres (3) caminos, seleccione la opción “N-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.



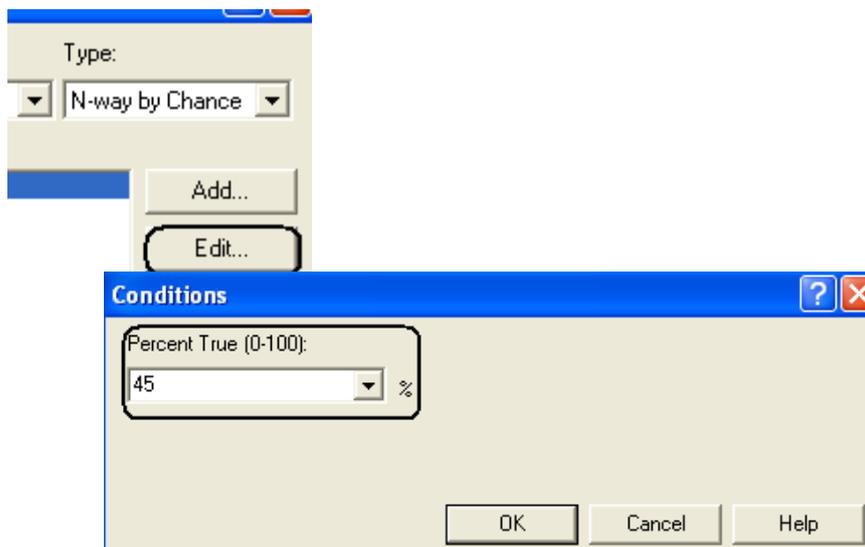
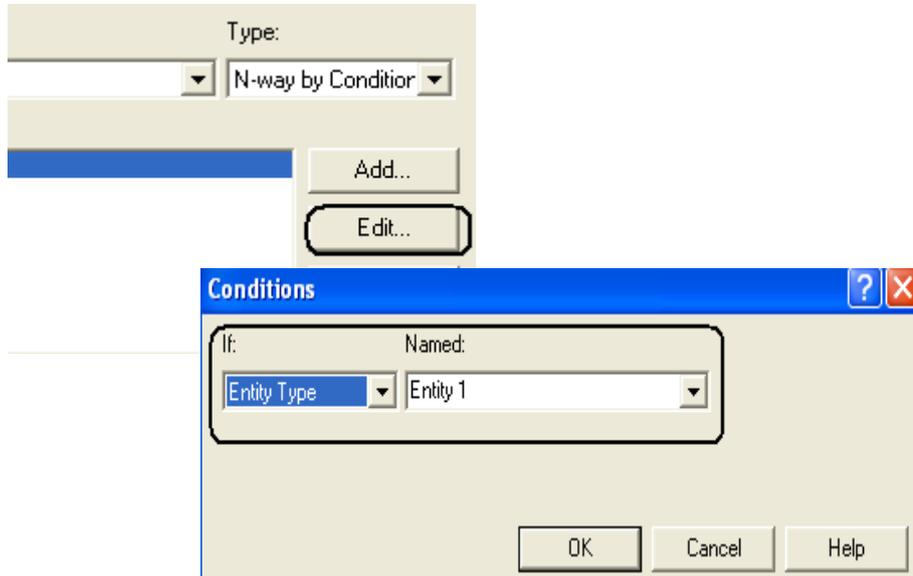


Para este trabajo, el sistema de estudio (escenario 4) amerita más de tres (3) caminos (productos A, B y C) con porcentajes definidos previamente. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

- ❖ “Conditions o Percentages”:
en caso de ser la primera, se especifica la condiciones bajo el cual se cumplirá la pregunta especificada en le modulo. En caso de ser la segunda, se ingresa los porcentajes de los caminos a estudiar.



Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “Percent Trae o en la condición” e ingrese la condición o el porcentaje (%) de los caminos a estudiar. la demanda del producto.

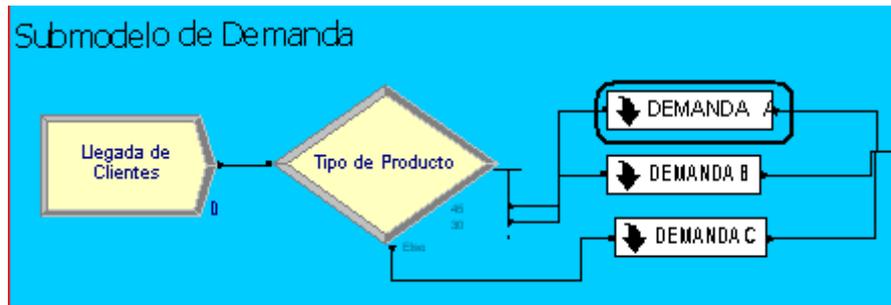


Para este trabajo, los caminos son las demanda porcentuales tres (3) productos (A, B y C), donde el producto tipo A lo demandan el 45% de los clientes, el producto tipo B lo demandan el 30% de los clientes y el producto tipo C lo demandan el 25% de los clientes.

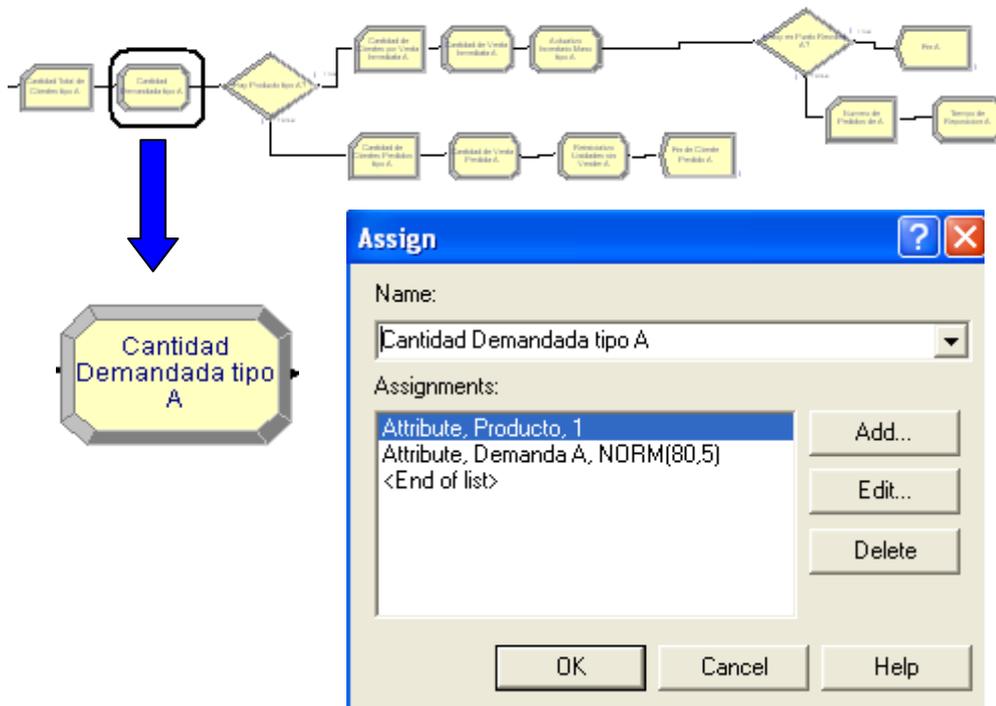
Haga click en la opción **OK**.

Nota: si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

3. Ubique sobre el Submodelo de Demanda el recuadro denominado “**DEMANDA A**” y haga doble click sobre el.

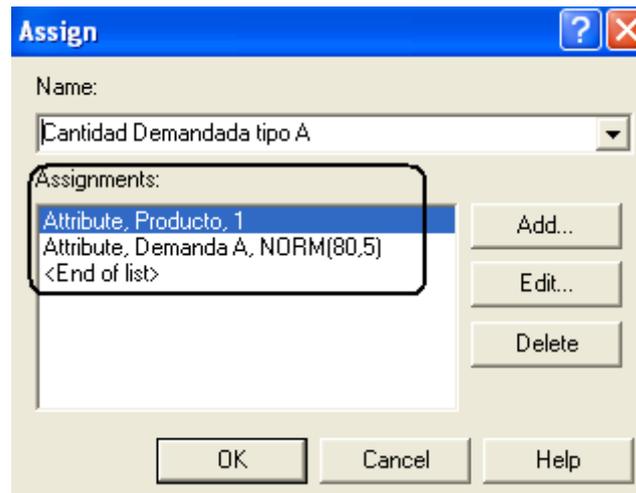


Una vez ingresado, ubique el modulo denominado “**Cantidad Demandada tipo A**” y haga doble click sobre éste. En él se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.

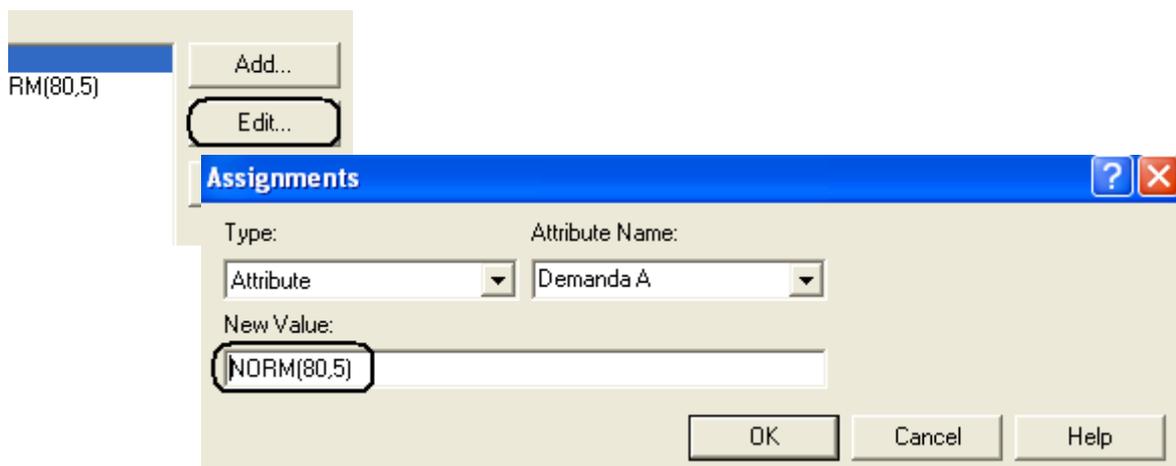


Para este módulo, el campo:

“Assignments”: se asigna la cantidad del producto demandado por el cliente. Adicionalmente se asigna el último de producto que se fabricó en la línea. En nuestro caso, es el producto A.



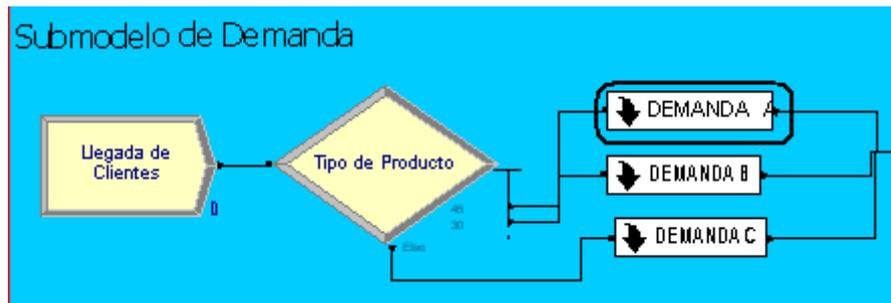
Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “New Value”, e ingrese el valor de la demanda del producto. Para este trabajo es el producto A y su demanda está representada por una distribución Normal(media=80, desviación= 5). De igual manera se procede para el último producto. En nuestro caso es el tipo 1 que es igual al producto tipo A.



Haga click en la opción **OK**.

Nota: Si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

4. En el mismo recuadro denominado **DEMANDA A** del submodelo de demanda, ubique el modulo denominado “**Acepta Back Order A**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



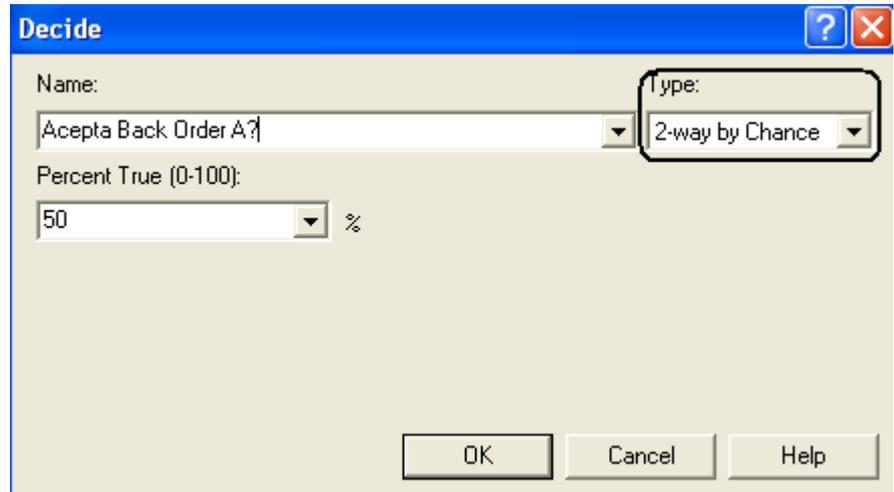
Decide

Name: Type:

Percent True (0-100): %

Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema. Para este trabajo, el sistema de estudio

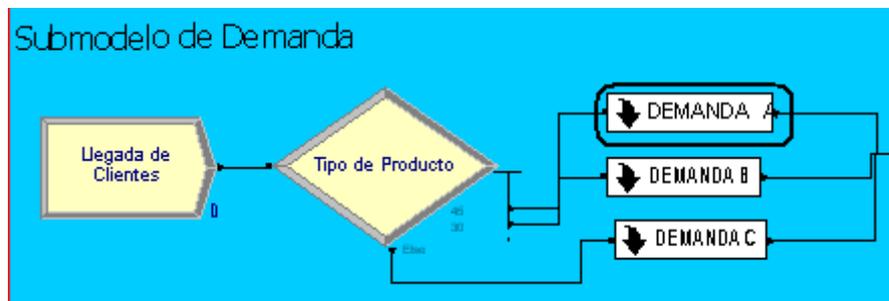


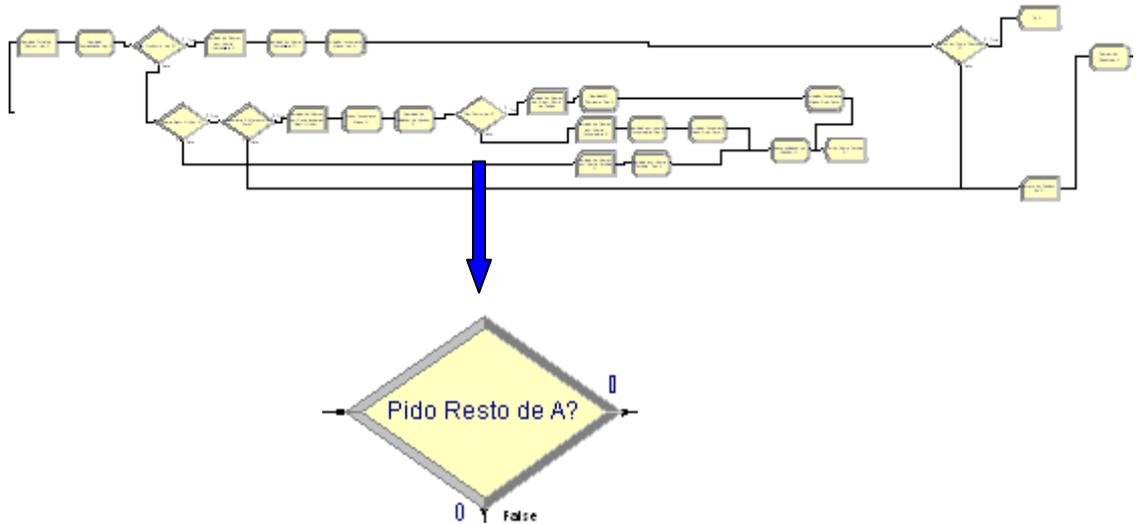
(escenario 3) amerita dos (2) caminos. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

- ❖ “Percentages”: se ingresa el porcentaje de los clientes que aceptan una cantidad menor a la cantidad total solicitada (demanda). Para este trabajo se le da un porcentaje de ocurrencia del 50% al evento en estudio.

Haga click en la opción **OK**.

5. En el mismo recuadro denominado **DEMANDA A** del submodelo de demanda, ubique el modulo denominado “**Pido Resto de A**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.





Para este módulo, el campo:

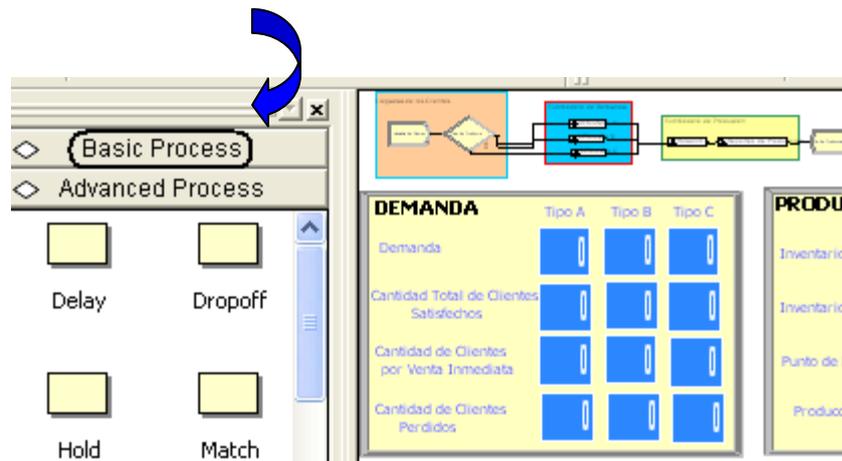
- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema. Para este trabajo, el sistema de estudio (escenario

3) amerita dos (2) caminos. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

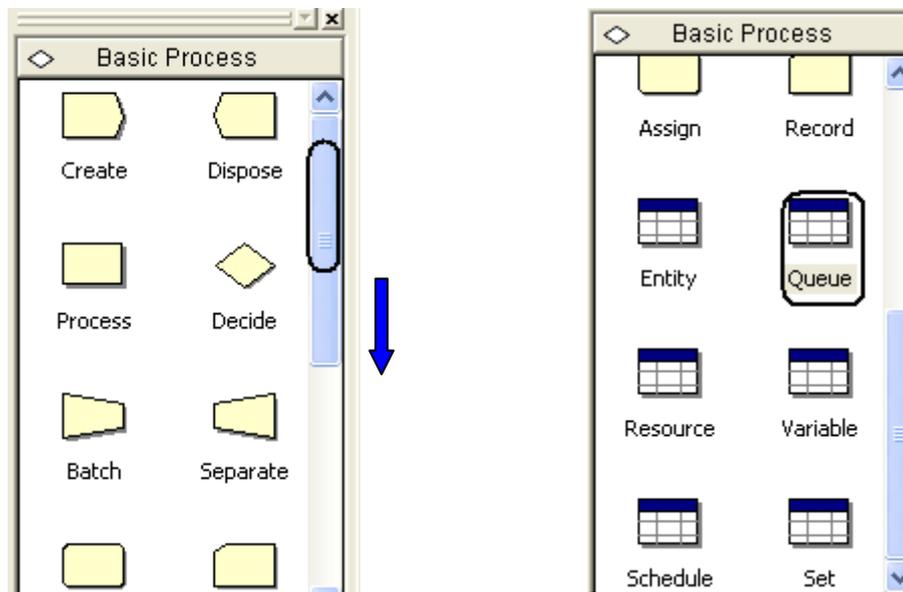
- ❖ “Percentages”: se ingresa el porcentaje de los clientes que aparte de aceptar el Back Order (una cantidad menor a la demanda), hacen el pedido de la cantidad restante. En nuestro caso se le da un porcentaje de ocurrencia del 50% al evento en estudio.

Haga click en la opción **OK**.

6. Activar en el sistema de producción la regla de prioridad, para este trabajo es FIFO. Para ello, haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada (en miniatura) denominada “Queue”.



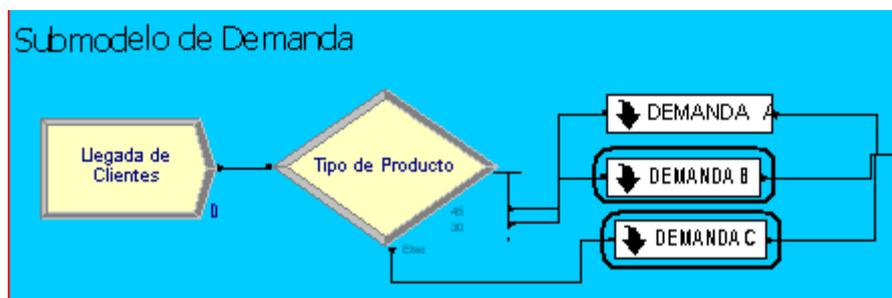
Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Queue”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todos los procesos que ameritan una cola.

| | Name | Type | Attribute Nam |
|---|---|------------------------|--------------------------------|
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 2 | Retiene Entidad.Queue | Lowest Attribute Value | valor de prioridad de producto |
| 3 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | Attribute 1 |

En la hoja cuadriculada Queue encontrará, el nombre del proceso que se activará la regla de prioridad y en la misma fila, encontrará varios campos. Para este trabajo, el proceso al cual se le debe activar la regla de prioridad FIFO es el llamado “Retiene Entidad.Queue”. Para ello, haga click sobre la flecha en el recuadro siguiente en la columna denominada Type. Seleccione “First In First Out” para escoger de la cola, los clientes que tengan el menor tiempo de entrega.

| | Nombre | Type | Attribute 1: |
|---|---|------------------------|--------------------------------|
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 2 | Retiene Entidad.Queue | Lowest Attribute Value | valor de prioridad de producto |
| 3 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | Attribute 1 |

Nota: Este procedimiento aplica para todos los productos que se fabriquen en el sistema. Para este trabajo se procede para la Demanda de B y la Demanda de C.



6.5. Escenario Nº 5. Venta Inmediata o Diferida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad FIFO.

6.5.1. Alimentación de las Variables Externas para el Escenario Nº 5.

Las variables externas, representa aquellas que se almacenan en cada uno de los escenarios, sin manipular los nodos o módulos internos de los mismos. Entre las variables externas que se deben modificar se tienen:



Tabla N° 24: Nombres de las Variables Externas para el Escenario N° 5.

| Variable Externas |
|---------------------------------|
| Inventario a la Mano A |
| Inventario a la Mano B |
| Inventario a la Mano C |
| QA |
| QB |
| QC |
| Inventario Total A |
| Inventario Total B |
| Inventario Total C |
| Punto Reorden A |
| Punto Reorden B |
| Punto Reorden C |
| Ausentismo |
| Tiempo de parada por ausentismo |
| Capacidad |
| Aumento |
| Producto en fabricación |
| Variable Tiempo |
| Tiempo de Puesta Punto |

Fuente: Elaboración propia

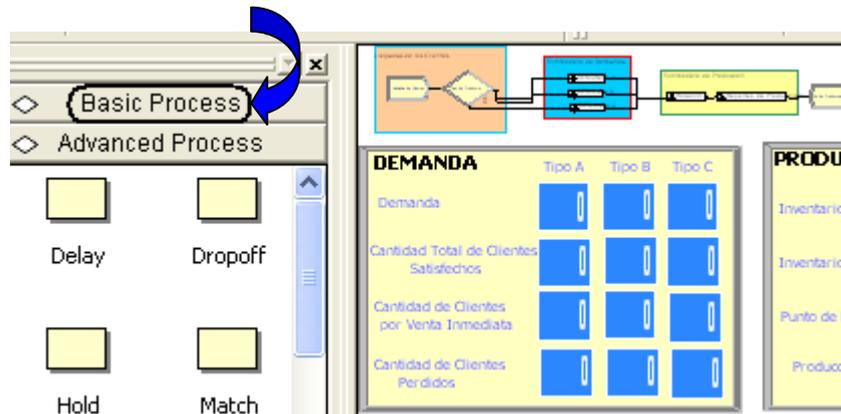
Para ingresar a este escenario, es necesario aplicar los pasos que se explican a continuación:

1. Abrir el Modelo “Escenario 5 Venta Inmediata o Diferida con Prod Cont FIFO”, haciendo doble click sobre el.

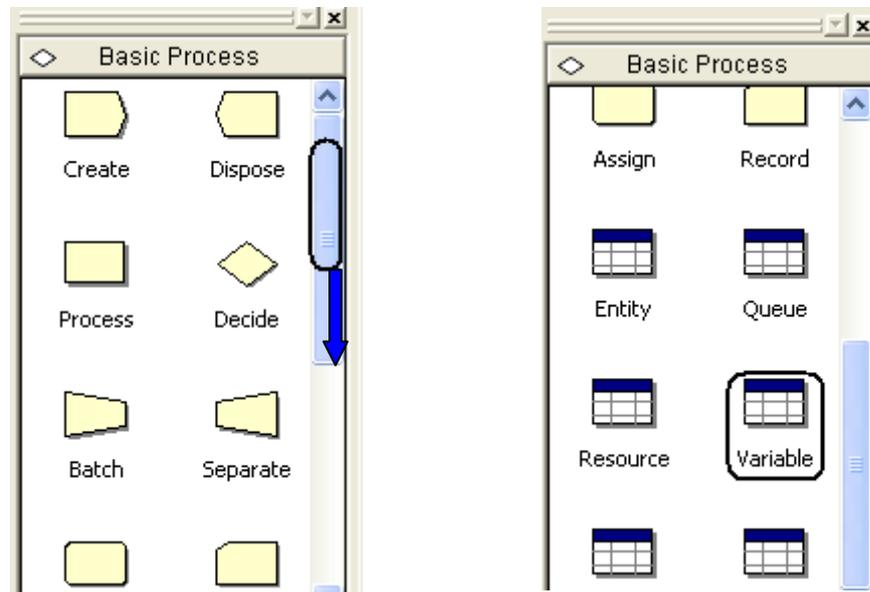
Nota: Para aumentar la figura del modelo que representa el escenario 5, utilice la tecla (+), para disminuir la figura utilice la tecla (-). Para ver el Modelo completo utilice la tecla asterisco (*). Conjuntamente utilice las teclas direccionales para desplazarse hacia arriba, abajo, a la izquierda o la derecha.



2. Haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



3. Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada en miniatura denominada “Variable”.



4. Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Variable”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todas las variables, modificando sólo las nombradas al inicio.

| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventario Mano C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Inventario Total A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Inventario Total B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Inventario Total C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Punto Reorden A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |

5. En la hoja cuadriculada variable encontrará, el nombre de la variable a modificar y en la misma fila, encontrará varios campos. Para cada campo, seleccione haciendo doble click sobre la opción denominada “Initial Values” e introduzca el valor de la variable para el escenario que este estudiando.



| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventarin Mann C. | | | Svstem | 1 rows | <input type="checkbox"/> |

Nota: Para regresar al Modelo Principal, haga click sobre cualquiera de los nodos que se encuentran en la opción ingresada (Basic Process).

6.5.2. Alimentación de las Variables Internas para el Escenario N° 5.

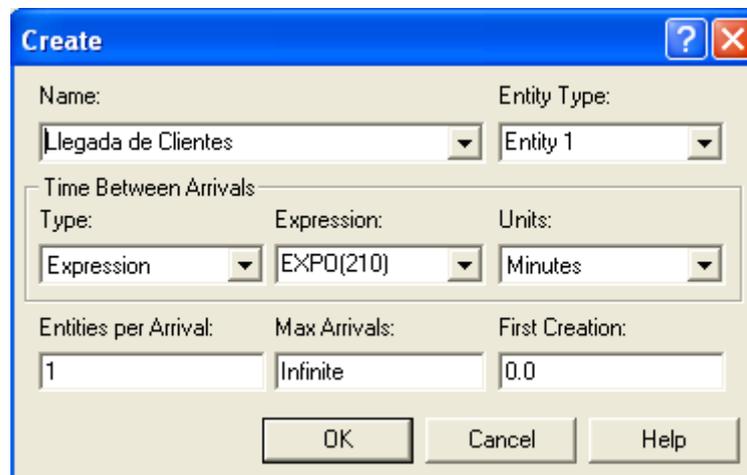
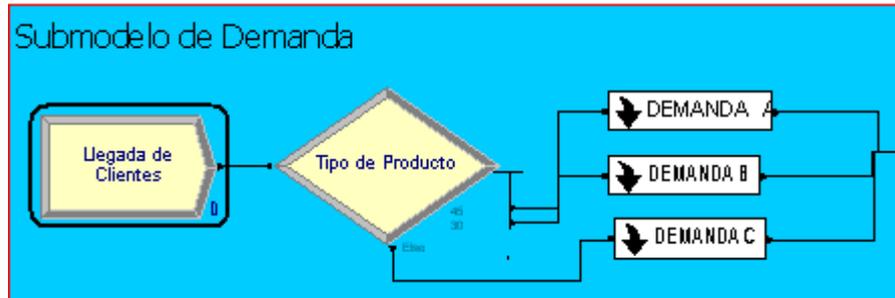
Las variables internas, representa aquellas que se almacenan ingresando a los nodos o módulos internos del modelo o escenario en particular. Entre las variables que se deben modificar se tienen:

Tabla N° 25: Nombres de las Variables a modificar en el escenario N° 5.

| Variable Internas |
|---------------------------|
| Llegada de Clientes |
| Tipo de Producto |
| Cantidad Demandada tipo A |
| Cantidad Demandada tipo B |
| Cantidad Demandada tipo C |
| Mismo Pedido A? |
| Mismo Pedido B? |
| Mismo Pedido C? |
| Cliente A va y viene |
| Nueva Demanda A |
| Nueva Demanda B |
| Nueva Demanda C |

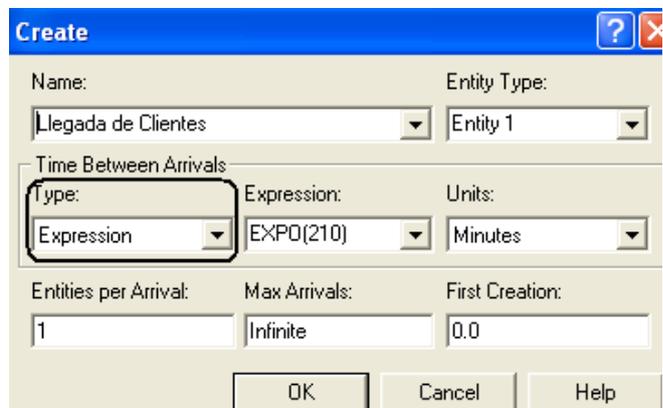
Fuente: Elaboración propia

1. En el modelo, ubique el submodelo denominado “**Submodelo de Demanda**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el tipo de distribución que tendrá la llegada de las entidades (puede ser: constante, Random, horario o una expresión). Para este trabajo el tiempo entre llegadas son clientes y es una Expresión. Utilice la flecha para seleccionar una de ellas.



- ❖ “Expresión”: se especifica el valor o la expresión del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes es una expresión Exponencial con media de 210.

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'Expression' field is highlighted with a black box.

- ❖ “Units: se especifica la unidad de tiempo del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes se mide en minutos.

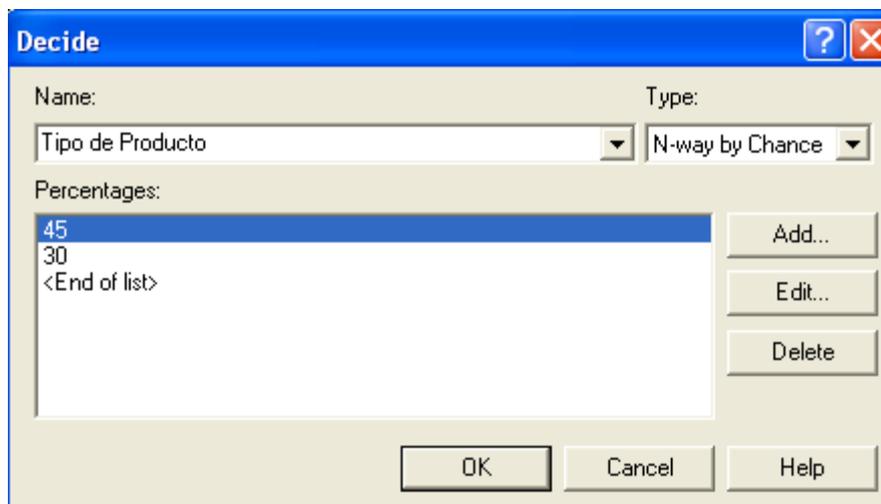
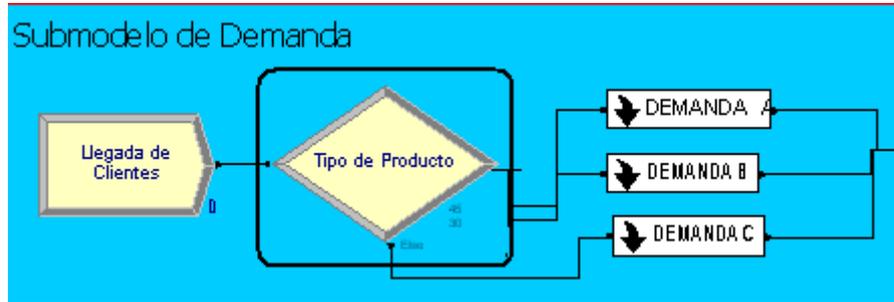
The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'Units' field is highlighted with a black box.

- ❖ “First Creation” se especifica el instante de tiempo en que serán creadas las entidades. Para este trabajo los clientes llegan desde el instante de tiempo cero (0.0).

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'First Creation' field is highlighted with a black box.

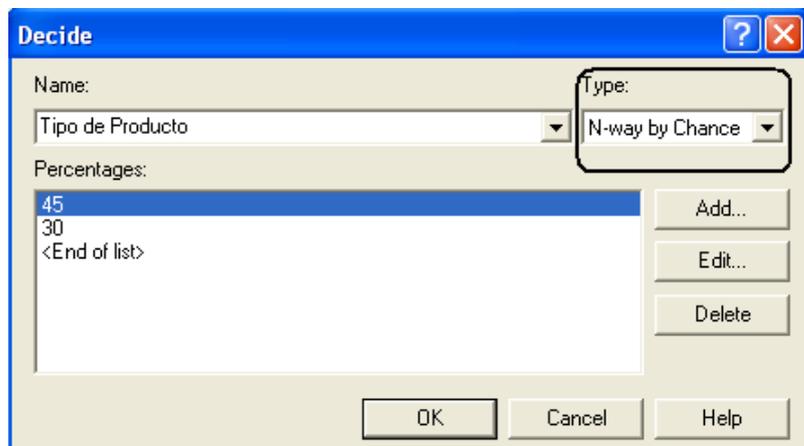
Haga click en la opción **OK**.

2. Ubique el módulo denominado “Tipo de Producto” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos



Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema.





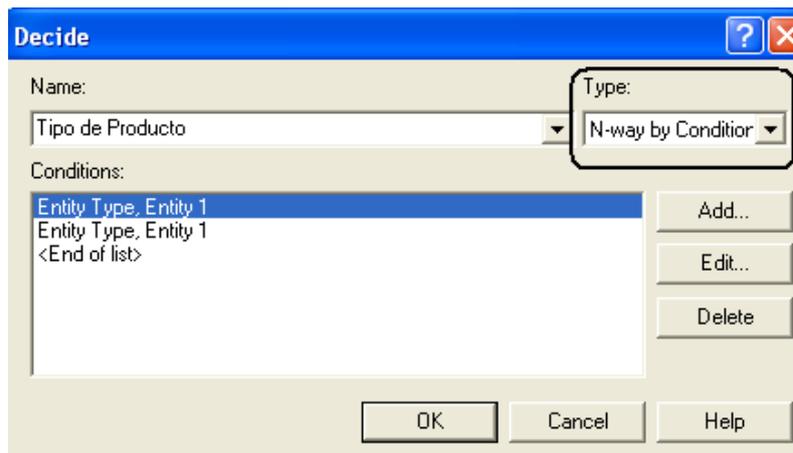
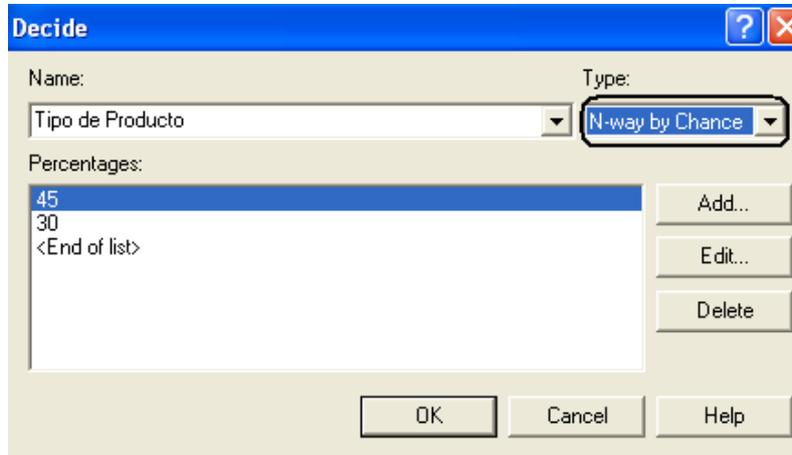
En caso que el sistema de estudio amerite uno (1) o dos (2) caminos, seleccione la opción “2-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.

The screenshot shows a dialog box titled "Decide". It has a blue header bar with a question mark icon and a close button. The main area is light beige. There are two rows of dropdown menus. The first row is labeled "Name:" and contains "Tipo de Producto" and "2-way by Condition". The second row is labeled "If:" and "Named:" and contains "Entity Type" and "Entity 1". At the bottom, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

The screenshot shows the same "Decide" dialog box, but with "N-way by Chance" selected in the "Type:" dropdown. Below the "Name:" section, there is a section labeled "Percentages:" containing a list box with the values "45", "30", and "<End of list>". To the right of the list box are three buttons: "Add...", "Edit...", and "Delete". At the bottom, there are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

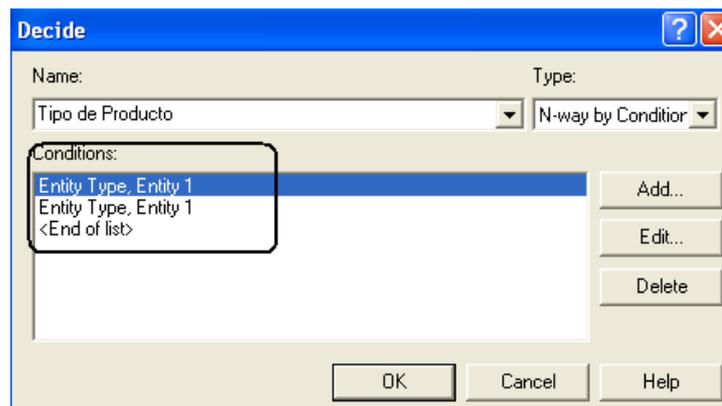
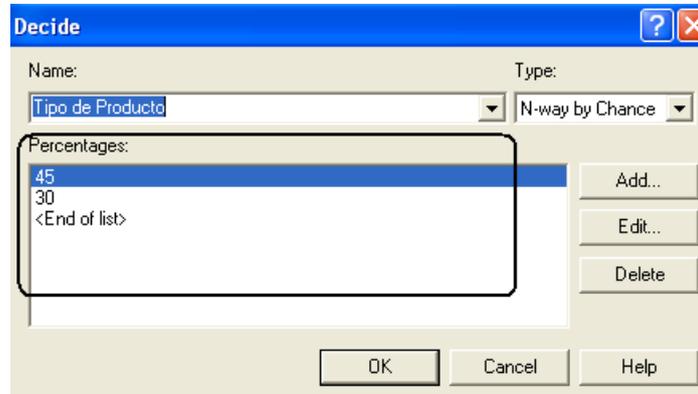


En caso que el sistema de estudio amerite más de tres (3) caminos, seleccione la opción “N-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.

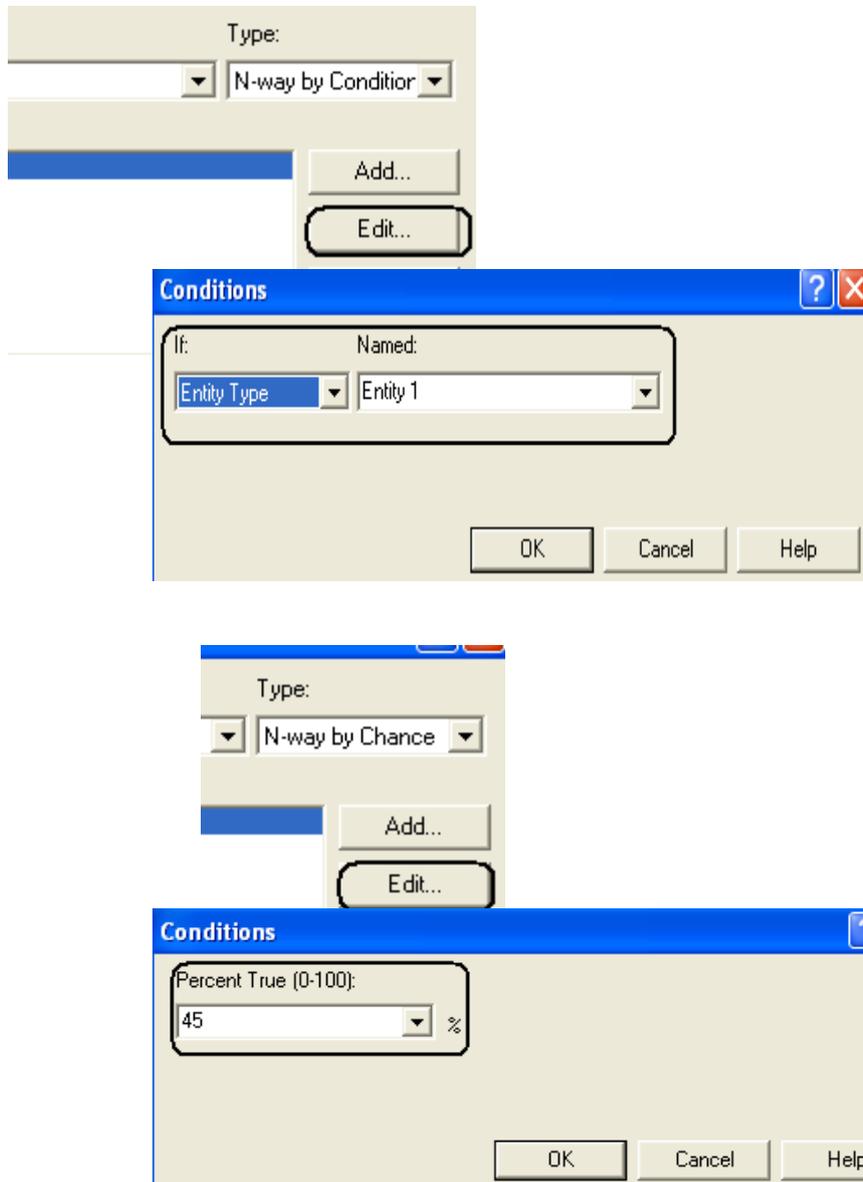


Para este trabajo, el sistema de estudio (escenario 5) amerita más de tres (3) caminos (productos A, B y C) con porcentajes definidos previamente. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

- ❖ “Conditions o Percentages”: en caso de ser la primera, se especifica la condiciones bajo el cual se cumplirá la pregunta especificada en el modulo. En caso de ser la segunda, se ingresa los porcentajes de los caminos a estudiar.



Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “Percent Trae o en la condición” e ingrese la condición o el porcentaje (%) de los caminos a estudiar. la demanda del producto.

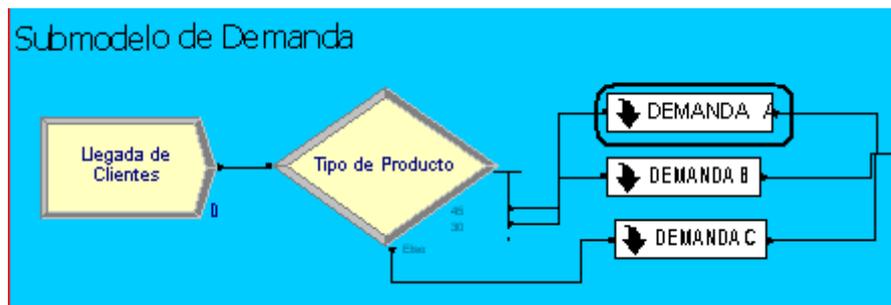


Para este trabajo, los caminos son las demanda porcentuales tres (3) productos (A, B y C), donde el producto tipo A lo demandan el 45% de los clientes, el producto tipo B lo demandan el 30% de los clientes y el producto tipo C lo demandan el 25% de los clientes.

Haga click en la opción **OK**.

Nota: si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

3. Ubique sobre el Submodelo de Demanda el recuadro denominado “**DEMANDA A**” y haga doble click sobre el.



Una vez ingresado, ubique el modulo denominado “**Cantidad Demandada tipo A**” y haga doble click sobre éste. En él se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.

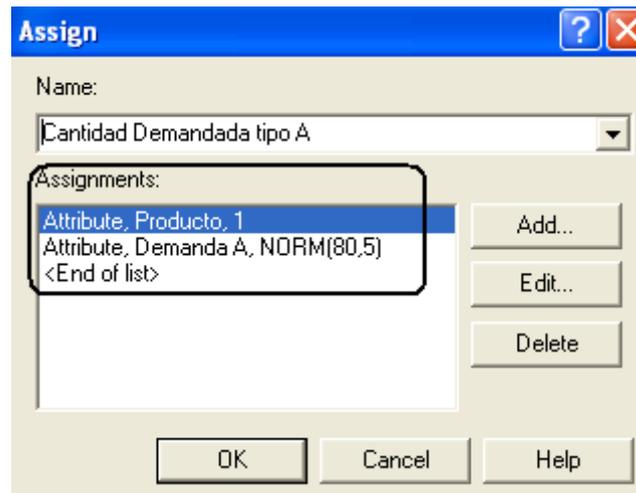
The diagram shows a flowchart where a box labeled 'Cantidad Demandada tipo A' is selected. A blue arrow points down to a larger box with the same label. To the right, a dialog box titled 'Assign' is shown with the following fields and buttons:

- Name: Cantidad Demandada tipo A
- Assignments: Attribute, Producto, 1; Attribute, Demanda A, NORM(80,5); <End of list>
- Buttons: Add..., Edit..., Delete, OK, Cancel, Help

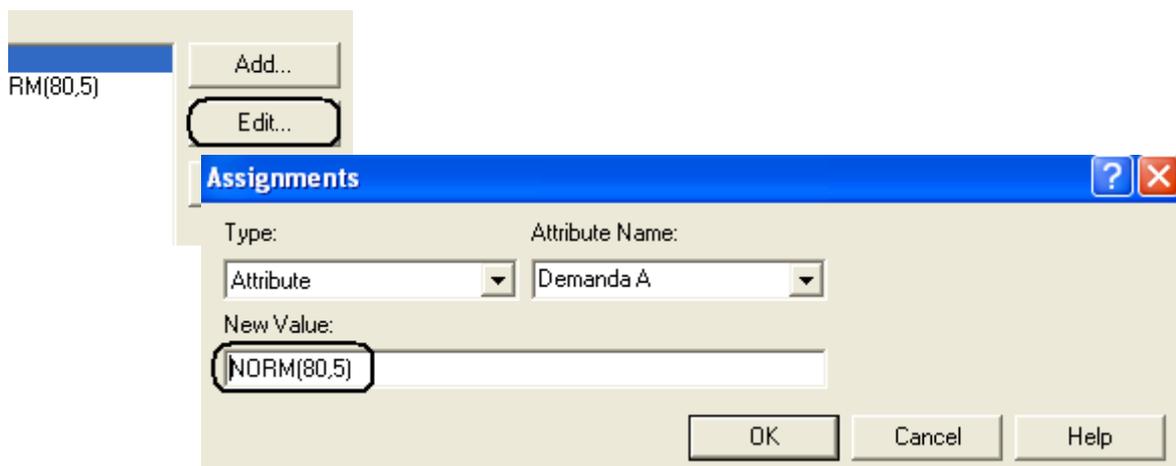


Para este módulo, el campo:

“Assignments”: se asigna la cantidad del producto demandado por el cliente. Adicionalmente se asigna el último de producto que se fabricó en la línea. En nuestro caso, es el producto A.



Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “New Value”, e ingrese el valor de la demanda del producto. Para este trabajo es el producto A y su demanda está representada por una distribución Normal(media=80, desviación= 5). De igual manera se procede para el último producto. En nuestro caso es el tipo 1 que es igual al producto tipo A.

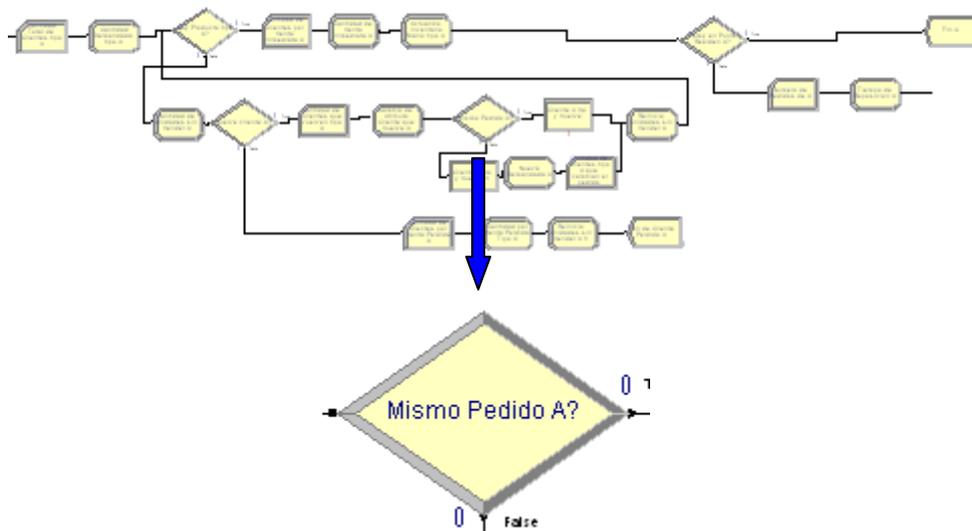
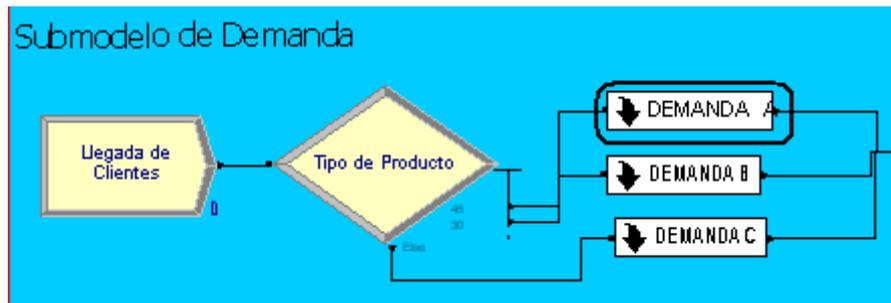


Haga click en la opción **OK**.



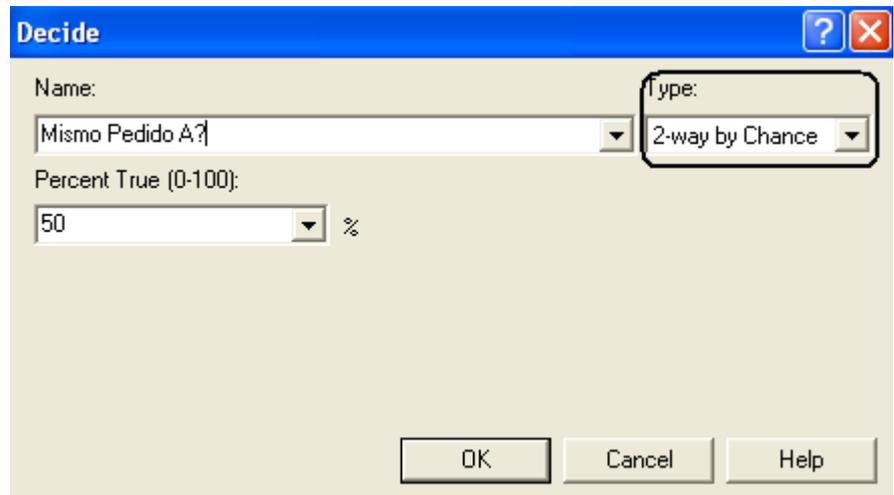
Nota: Si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

4. En el mismo recuadro denominado **DEMANDA A** del submodelo de demanda, ubique el modulo denominado “**Mismo Pedido A**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema. Para este trabajo, el sistema de estudio

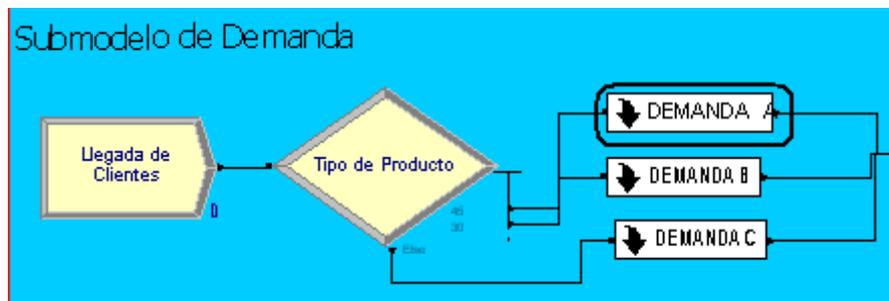


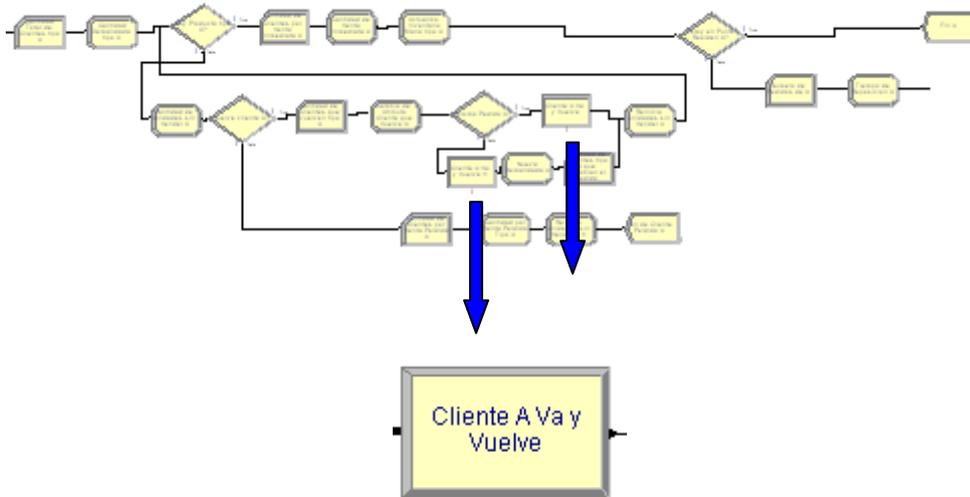
(escenario 3) amerita dos (2) caminos. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

- ❖ “Percentages”: se ingresa el porcentaje de los clientes que al volver desean pedir la misma cantidad del pedido solicitado al inicio. En nuestro caso se le da un porcentaje de ocurrencia del 50% al evento en estudio.

Haga click en la opción **OK**.

5. En el mismo recuadro denominado **DEMANDA A** del submodelo de demanda, ubique el modulo denominado “**Cliente A va y viene**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.





Process [?] [X]

Name: Type:

Logic:

Action:

Delay Type: Units: Allocation:

Value:

Report Statistics

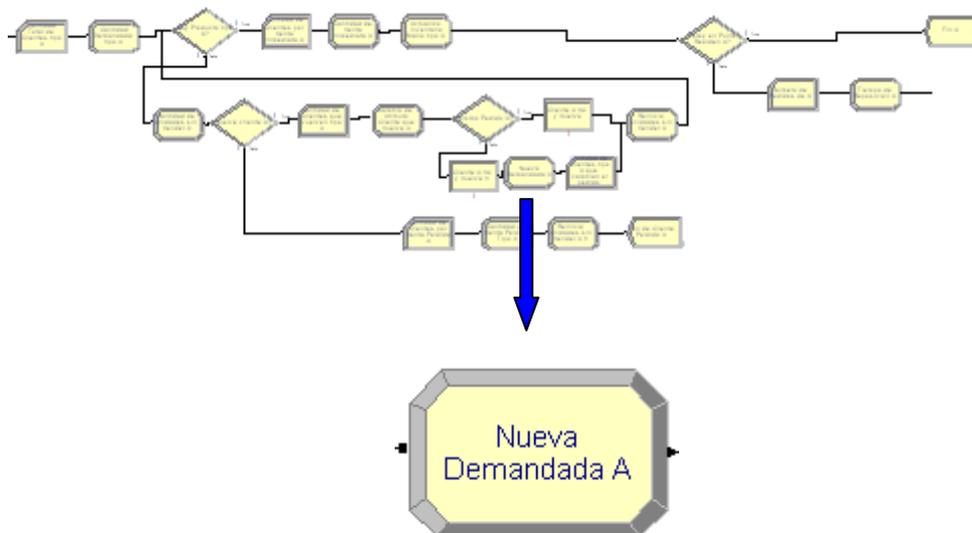
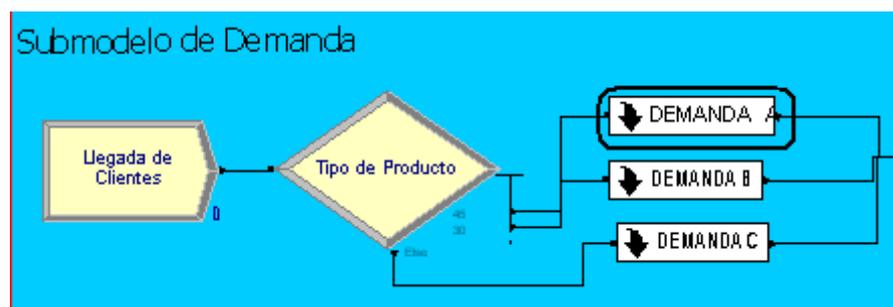
OK Cancel Help

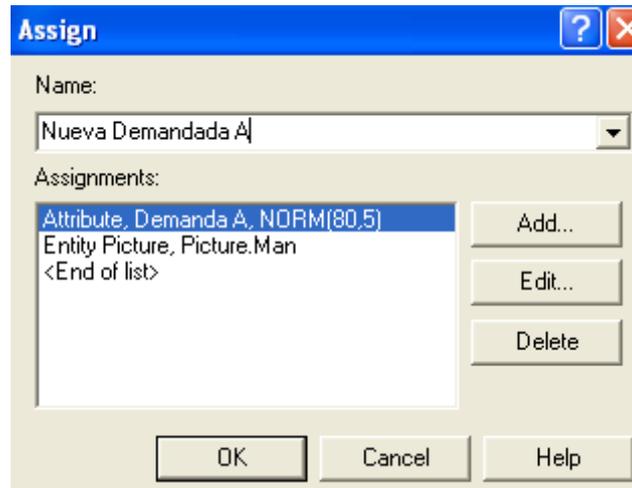
Para este módulo, el campo:

- ❖ Delay Type: se especifica el tipo de demora del cliente (puede ser: constante, una expresión o una distribución específica).
- ❖ Value: se especifica el tiempo en minutos que tarda la demora del cliente, cuando este decide irse.

Haga click en la opción **OK**.

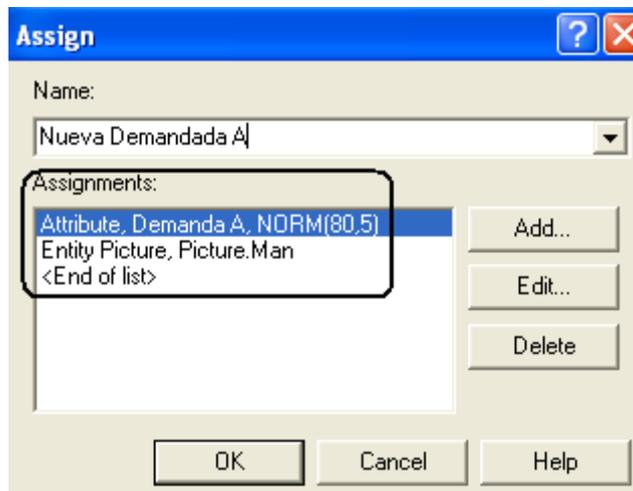
5. En el mismo recuadro denominado **DEMANDA A** del submodelo de demanda, ubique el modulo denominado **“Nueva Demanda A”** y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



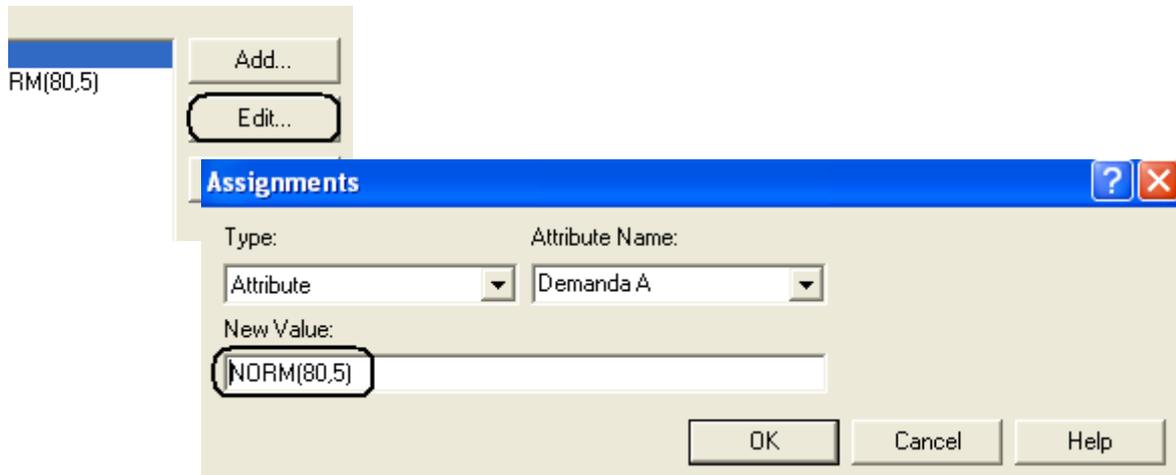


Para este módulo, el campo:

“Assignments”: se asigna la nueva cantidad del producto demandado por el cliente una vez regresado.

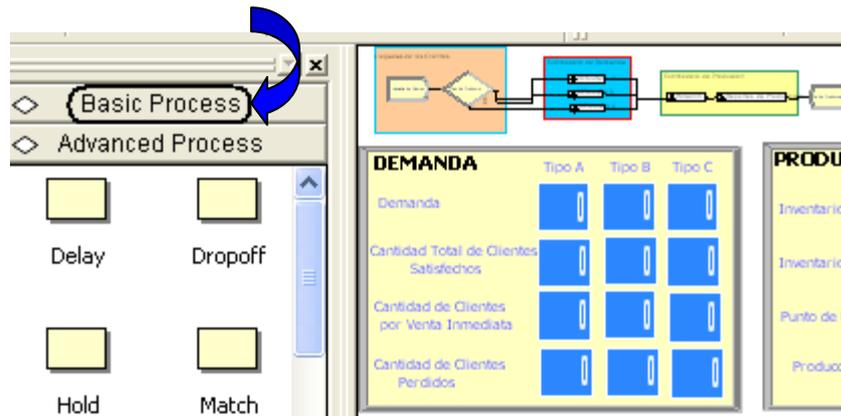


Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “New Value”, e ingrese el valor de la nueva demanda del producto. Para este trabajo es el producto A y su demanda está representada por una distribución Normal(media=80, desviación= 5).

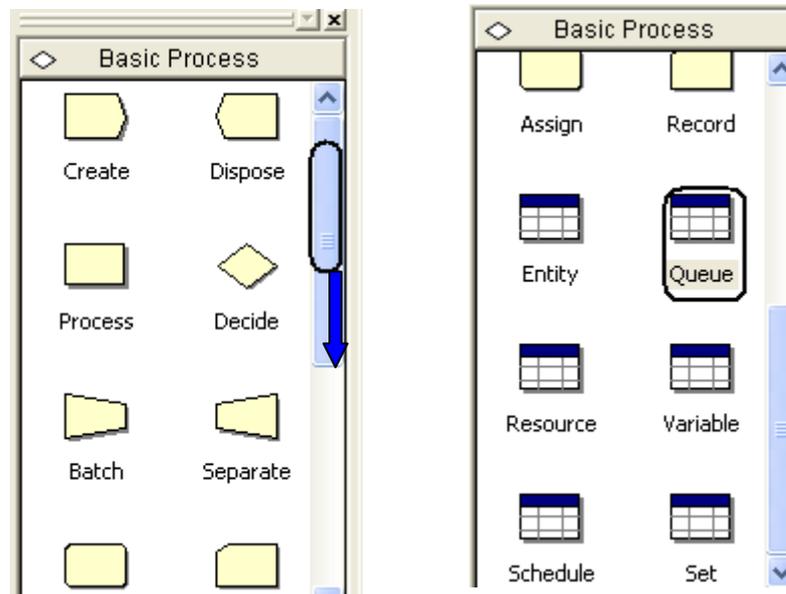


Haga click en la opción **OK**.

6. Activar en el sistema de producción la regla de prioridad, para este trabajo es FIFO. Para ello, haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada (en miniatura) denominada “Queue”.



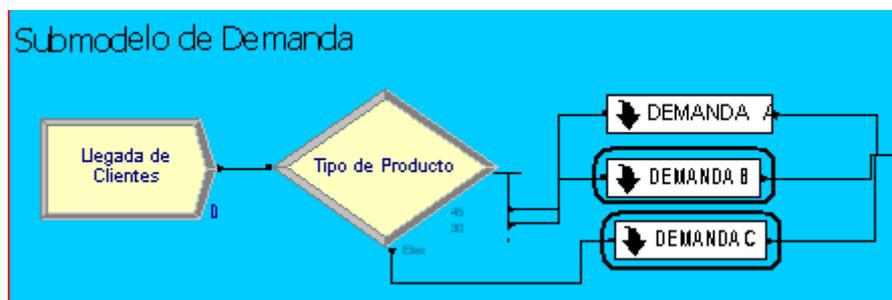
Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Queue”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todos los procesos que ameritan una cola.

| Queue - Basic Process | | | | |
|-----------------------|---|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | Name | Type | Shared | Report Statistics |
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Retiene Entidad.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

En la hoja cuadriculada Queue encontrará, el nombre del proceso que se activará la regla de prioridad y en la misma fila, encontrará varios campos. Para este trabajo, el proceso al cual se le debe activar la regla de prioridad FIFO es el llamado “Retiene Entidad.Queue”. Para ello, haga click sobre la flecha en el recuadro siguiente en la columna denominada Type. Seleccione “First In First Out” para escoger de la cola, los clientes que tengan el menor tiempo de entrega.

| Queue - Basic Process | | | | |
|-----------------------|---|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | Name | Type | Shared | Report Statistics |
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Retiene Entidad.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Nota: Este procedimiento aplica para todos los productos que se fabriquen en el sistema. En nuestro caso se procede para la Demanda de B y la Demanda de C.



6.6. Escenario Nº 6. Venta Inmediata o Diferida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega.

6.6.1. Alimentación de las Variables Externas para el Escenario Nº 6.

Las variables externas, representa aquellas que se almacenan en cada uno de los escenarios, sin manipular los nodos o módulos internos de los mismos. Entre las variables externas que se deben modificar se tienen:



Tabla N° 26: Nombres de las Variables Externas para el Escenario N° 6.

| Variable Externas |
|---------------------------------|
| Inventario a la Mano A |
| Inventario a la Mano B |
| Inventario a la Mano C |
| QA |
| QB |
| QC |
| Inventario Total A |
| Inventario Total B |
| Inventario Total C |
| Punto Reorden A |
| Punto Reorden B |
| Punto Reorden C |
| Ausentismo |
| Tiempo de parada por ausentismo |
| Capacidad |
| Aumento |
| Producto en fabricación |
| Variable Tiempo |
| Tiempo de Puesta Punto |

Fuente: Elaboración propia

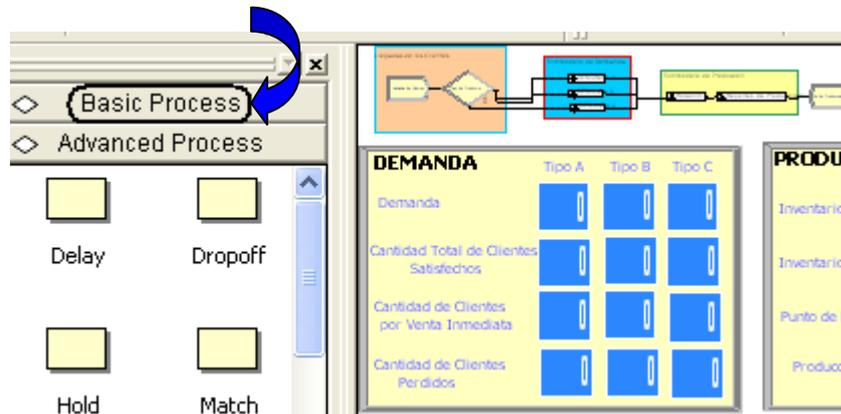
Para ingresar a este escenario, es necesario aplicar los pasos que se explican a continuación:

1. Abrir el Modelo “Escenario 6 Venta Inmediata o Diferida con Prod Cont MTE”, haciendo doble click sobre el.

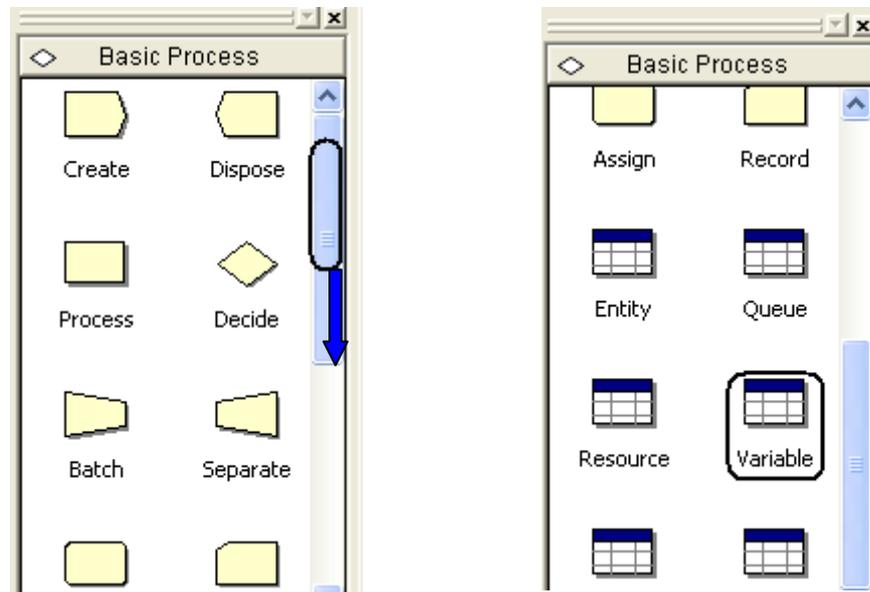
Nota: Para aumentar la figura del modelo que representa el escenario 6, utilice la tecla (+), para disminuir la figura utilice la tecla (-). Para ver el Modelo completo utilice la tecla asterisco (*). Conjuntamente utilice las teclas direccionales para desplazarse hacia arriba, abajo, a la izquierda o la derecha.



2. Haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



3. Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada en miniatura denominada “Variable”.



4. Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Variable”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todas las variables, modificando sólo las nombradas al inicio.

| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventario Mano C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Inventario Total A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Inventario Total B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Inventario Total C | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Punto Reorden A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |

5. En la hoja cuadriculada variable encontrará, el nombre de la variable a modificar y en la misma fila, encontrará varios campos. Para cada campo, seleccione haciendo doble click sobre la opción denominada “Initial Values” e introduzca el valor de la variable para el escenario que este estudiando.



| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|--------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report |
| 1 | Inventario Mano A | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Inmediata B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Inventario Mano B | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Inventarin Mann C. | | | Svstem | 1 rows | <input type="checkbox"/> |

Nota: Para regresar al Modelo Principal, haga click sobre cualquiera de los nodos que se encuentran en la opción ingresada (Basic Process).

6.6.2. Alimentación de las Variables Internas para el Escenario N° 6.

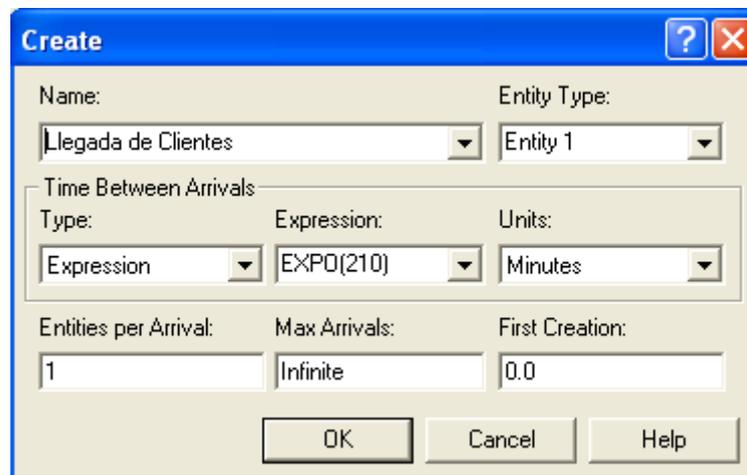
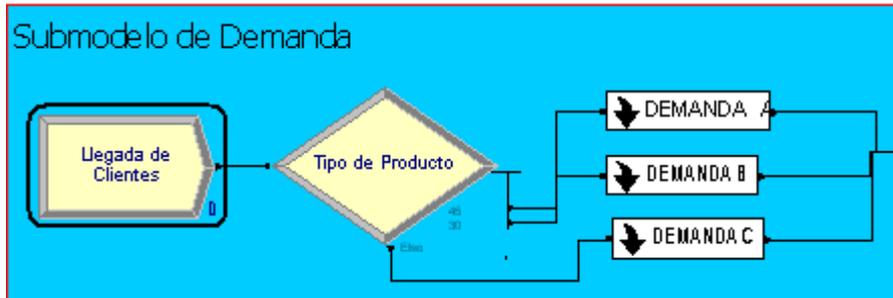
Las variables internas, representa aquellas que se almacenan ingresando a los nodos o módulos internos del modelo o escenario en particular. Entre las variables que se deben modificar se tienen:

Tabla N° 27: Nombres de las Variables a modificar en el escenario N° 6.

| Variable Internas |
|---------------------------|
| Llegada de Clientes |
| Tipo de Producto |
| Cantidad Demandada tipo A |
| Cantidad Demandada tipo B |
| Cantidad Demandada tipo C |
| Mismo Pedido A? |
| Mismo Pedido B? |
| Mismo Pedido C? |
| Cliente A va y viene |
| Nueva Demanda A |
| Nueva Demanda B |
| Nueva Demanda C |

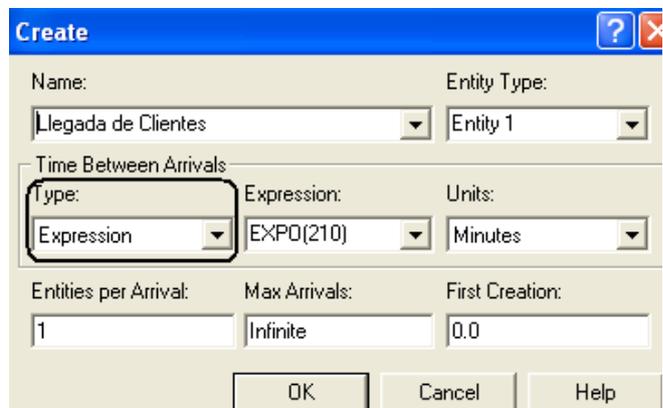
Fuente: Elaboración propia

1. En el modelo, ubique el submodelo denominado “**Submodelo de Demanda**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el tipo de distribución que tendrá la llegada de las entidades (puede ser: constante, Random, horario o una expresión). Para este trabajo el tiempo entre llegadas son clientes y es una Expresión. Utilice la flecha para seleccionar una de ellas.



- ❖ “Expresión”: se especifica el valor o la expresión del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes es una expresión Exponencial con media de 210.

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Time Between Arrivals Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'Expression' field is highlighted with a black box.

- ❖ “Units: se especifica la unidad de tiempo del tiempo entre llegada de las entidades. En nuestro caso el tiempo entre llegadas de los clientes se mide en minutos.

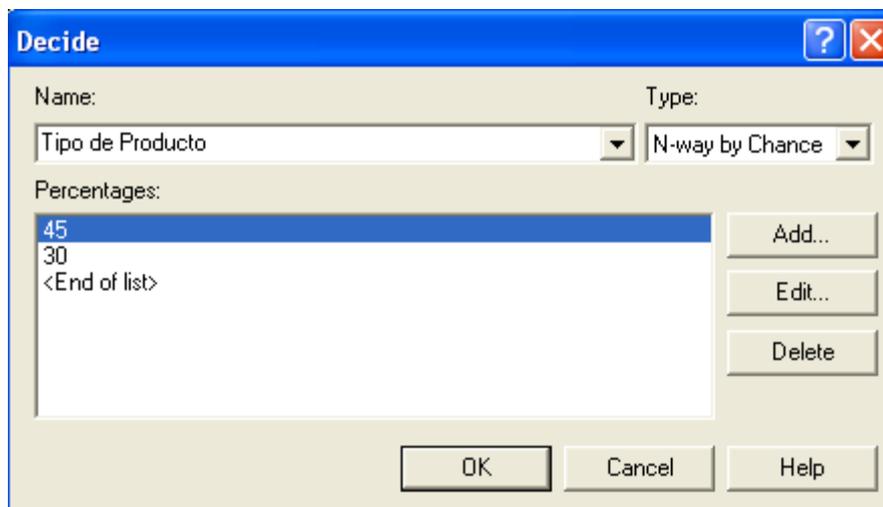
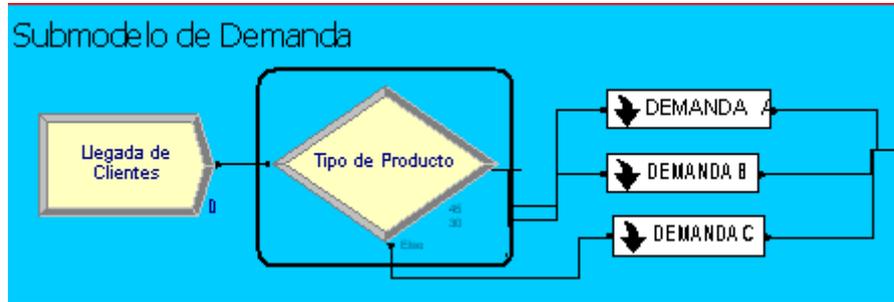
The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Time Between Arrivals Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'Units' field is highlighted with a black box.

- ❖ “First Creation” se especifica el instante de tiempo en que serán creadas las entidades. Para este trabajo los clientes llegan desde el instante de tiempo cero (0.0).

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Time Between Arrivals Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'First Creation' field is highlighted with a black box.

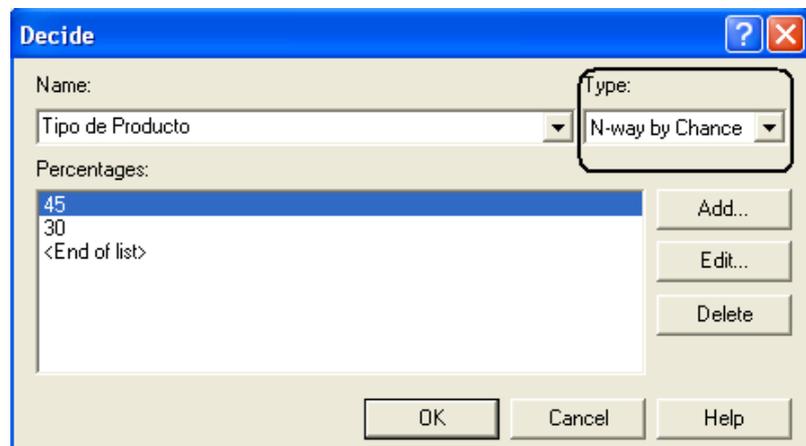
Haga click en la opción **OK**.

2. Ubique el modulo denominado “Tipo de Producto” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos



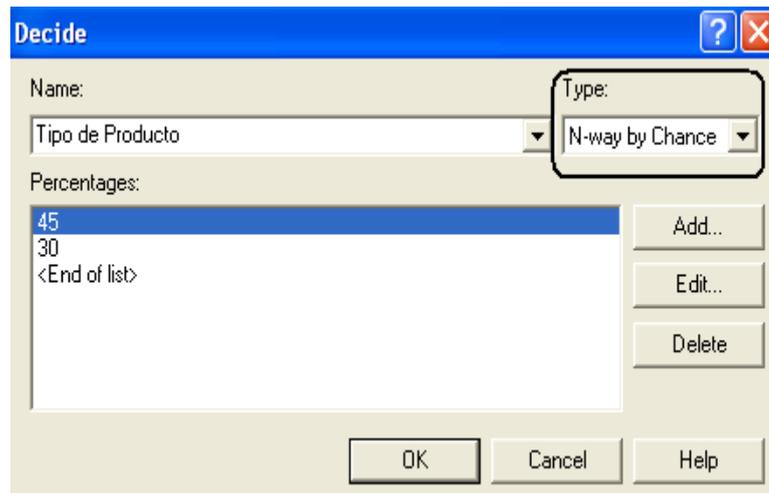
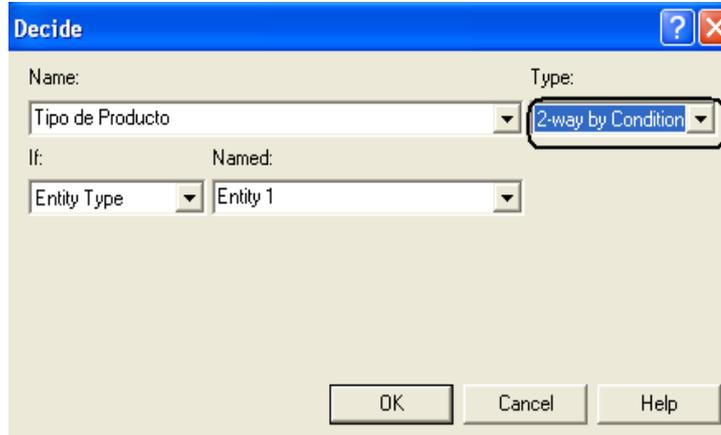
Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema.



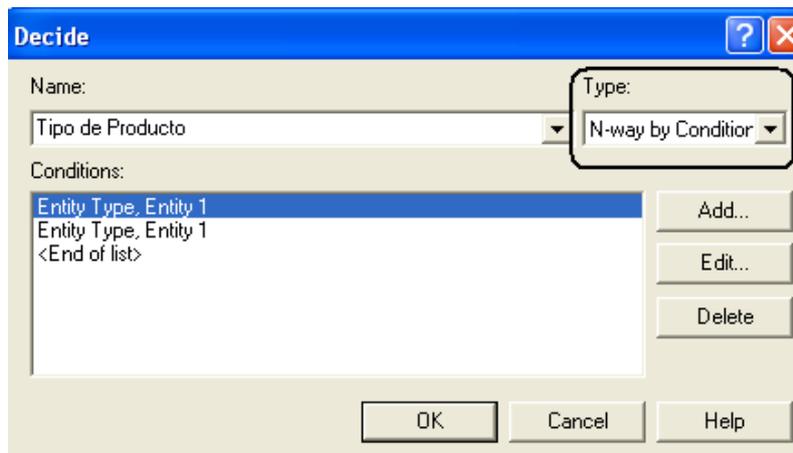
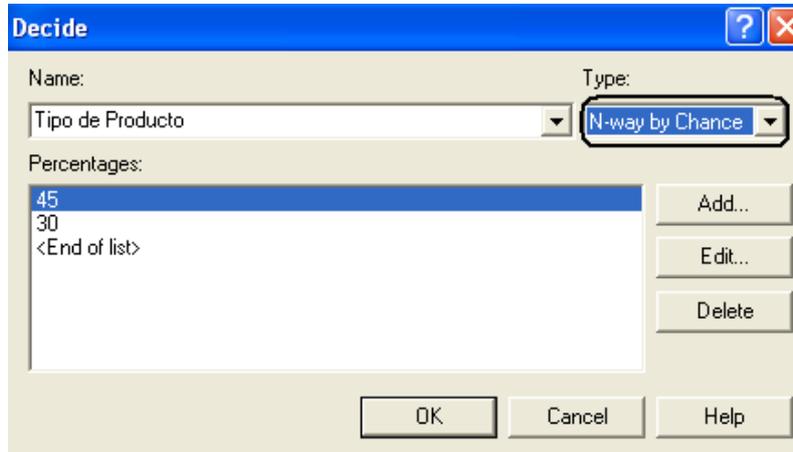


En caso que el sistema de estudio amerite uno (1) o dos (2) caminos, seleccione la opción “2-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.





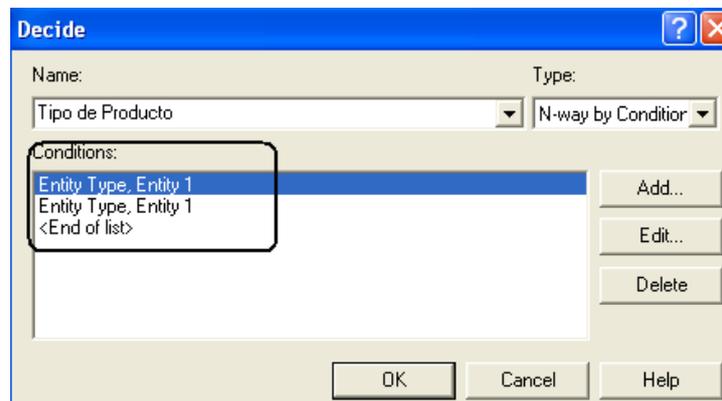
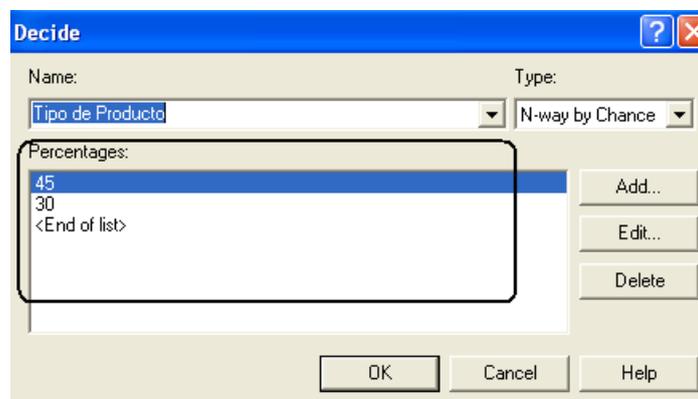
En caso que el sistema de estudio amerite más de tres (3) caminos, seleccione la opción “N-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.





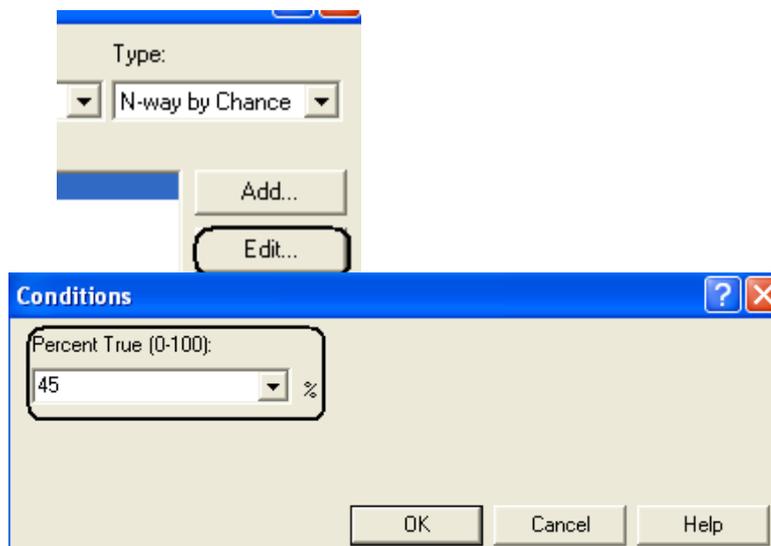
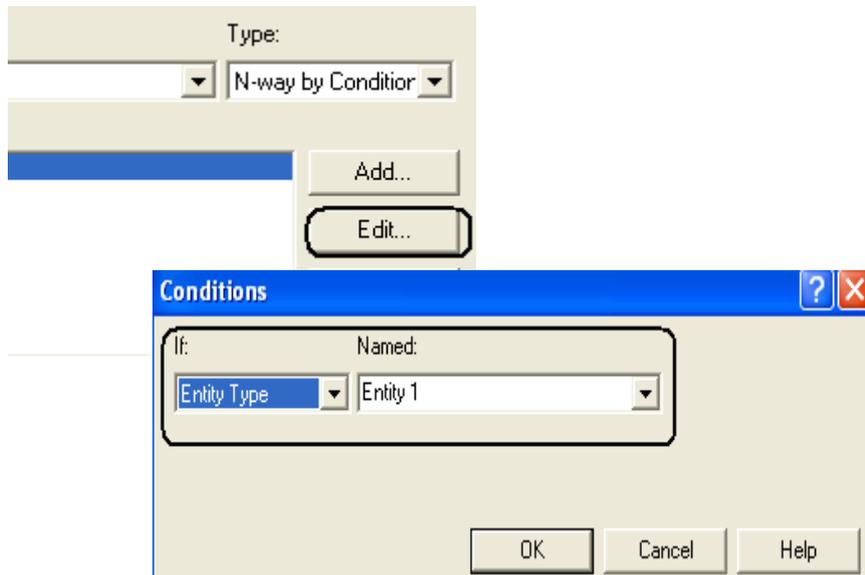
Para este trabajo, el sistema de estudio (escenario 6) amerita más de tres (3) caminos (productos A, B y C) con porcentajes definidos previamente. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

- ❖ “Conditions o Percentages”: en caso de ser la primera, se especifica la condiciones bajo el cual se cumplirá la pregunta especificada en el modulo. En caso de ser la segunda, se ingresa los porcentajes de los caminos a estudiar.





Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “Percent Trae o en la condición” e ingrese la condición o el porcentaje (%) de los caminos a estudiar. la demanda del producto.

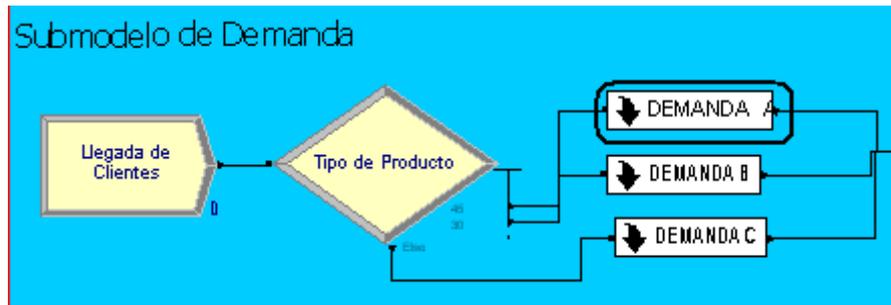


Para este trabajo, los caminos son las demanda porcentuales tres (3) productos (A, B y C), donde el producto tipo A lo demandan el 45% de los clientes, el producto tipo B lo demandan el 30% de los clientes y el producto tipo C lo demandan el 25% de los clientes.

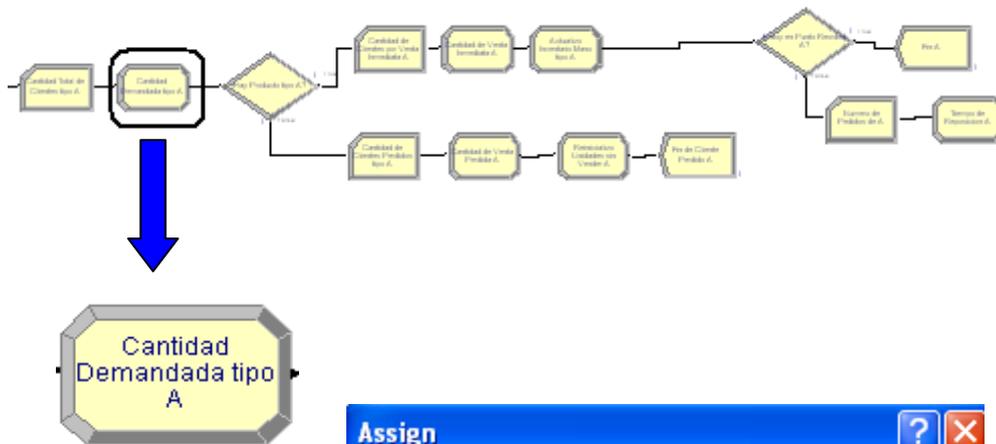
Haga click en la opción **OK**.

Nota: si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

3. Ubique sobre el Submodelo de Demanda el recuadro denominado “**DEMANDA A**” y haga doble click sobre el.



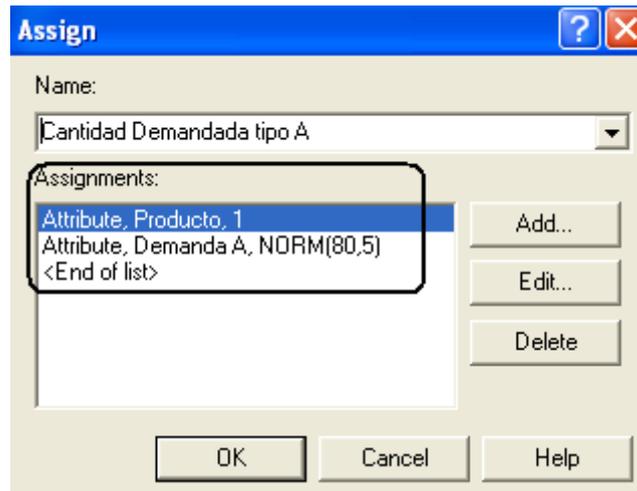
Una vez ingresado, ubique el módulo denominado “**Cantidad Demandada tipo A**” y haga doble click sobre éste. En él se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



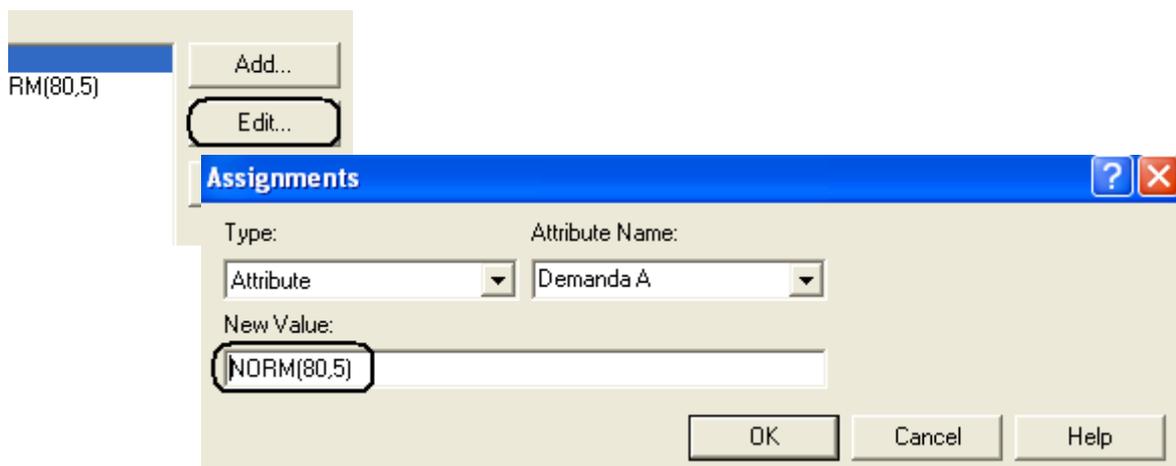


Para este módulo, el campo:

“Assignments”: se asigna la cantidad del producto demandado por el cliente. Adicionalmente se asigna el último de producto que se fabricó en la línea. Para este trabajo, es el producto A.



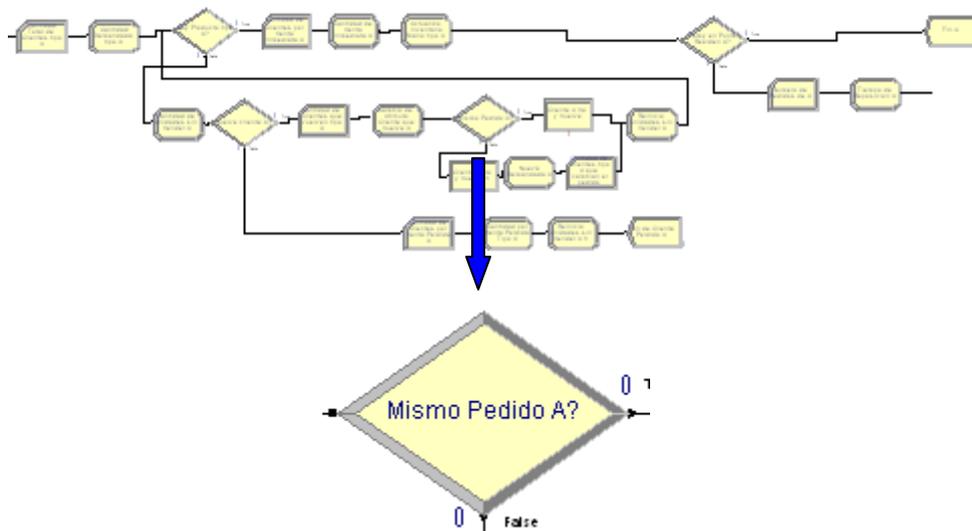
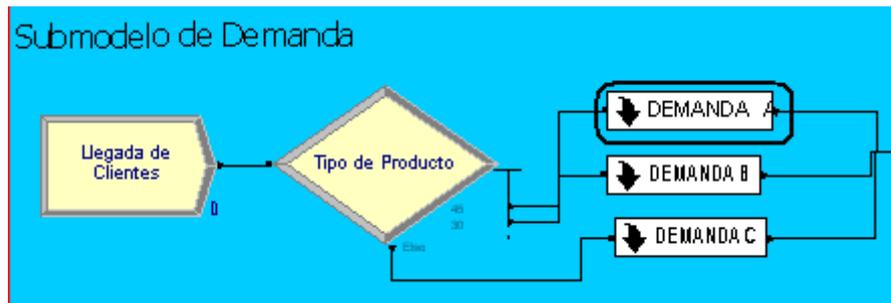
Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “New Value”, e ingrese el valor de la demanda del producto. Para este trabajo es el producto A y su demanda está representada por una distribución Normal(media=80, desviación= 5). De igual manera se procede para el último producto. Para este trabajo es el tipo 1 que es igual al producto tipo A.



Haga click en la opción **OK**.

Nota: Si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

4. En el mismo recuadro denominado **DEMANDA A** del submodelo de demanda, ubique el modulo denominado “**Mismo Pedido A**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



Decide

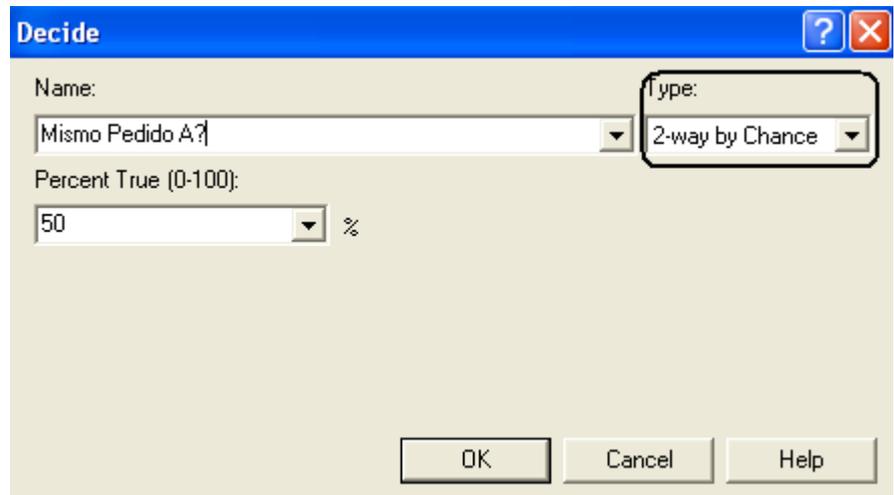
Name: Mismo Pedido A? Type: 2-way by Chance

Percent True (0-100): 50 %

OK Cancel Help

Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema. Para este trabajo, el sistema de estudio

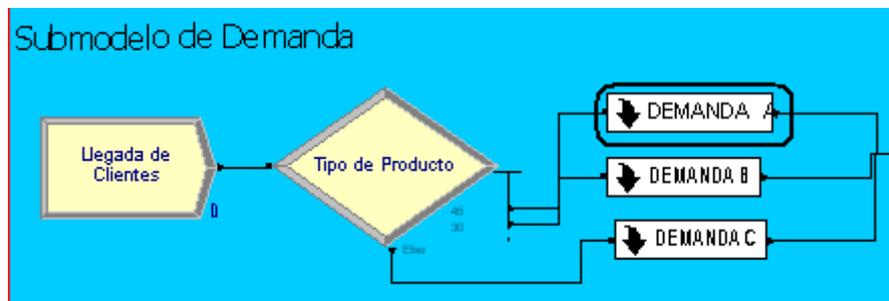


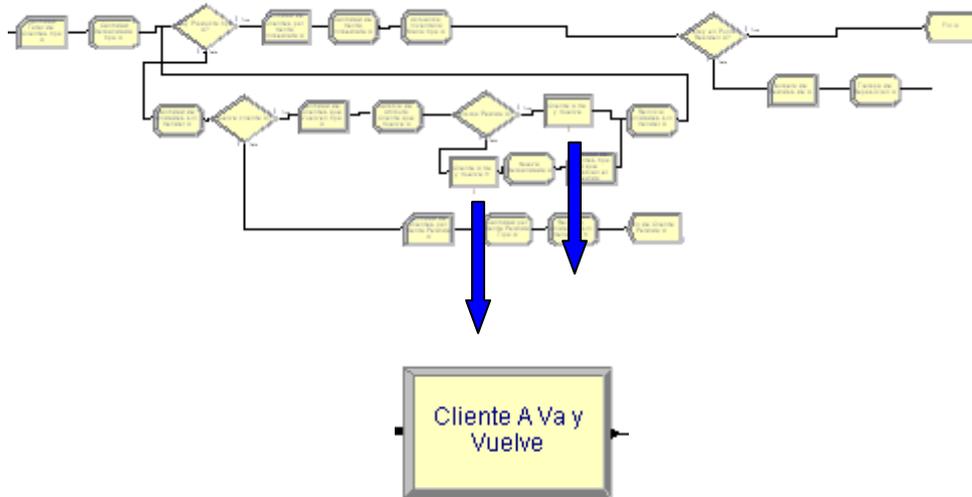
(escenario 3) amerita dos (2) caminos. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

- ❖ “Percentages”: se ingresa el porcentaje de los clientes que al volver desean pedir la misma cantidad del pedido solicitado al inicio. Para este trabajo se le da un porcentaje de ocurrencia del 50% al evento en estudio.

Haga click en la opción **OK**.

5. En el mismo recuadro denominado **DEMANDA A** del submodelo de demanda, ubique el modulo denominado “**Cliente A va y viene**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.





Process [?] [X]

Name: Type:

Logic:

Action:

Delay Type: Units: Allocation:

Value:

Report Statistics

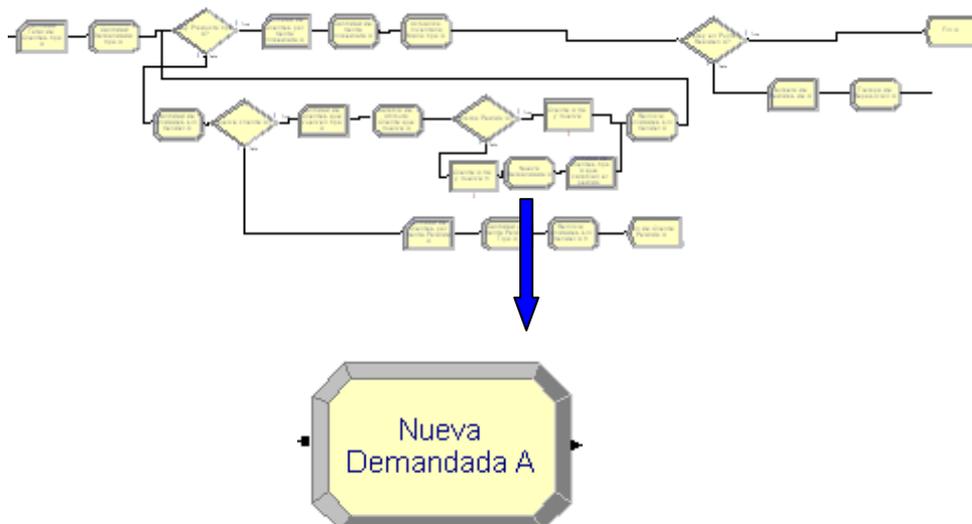
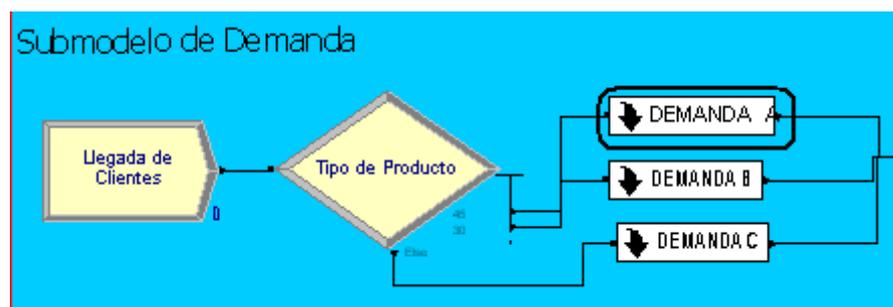
OK Cancel Help

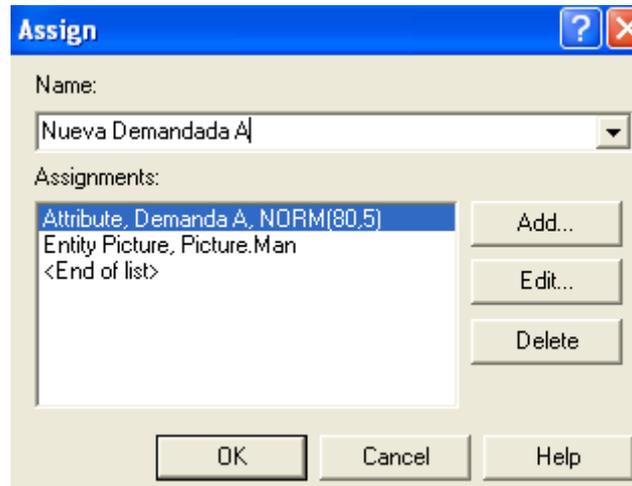
Para este módulo, el campo:

- ❖ Delay Type: se especifica el tipo de demora experimentada por el cliente (puede ser: constante, una expresión o una distribución específica).
- ❖ Value: se especifica el tiempo en minutos que tarda la demora del cliente, cuando este decide irse.

Haga click en la opción **OK**.

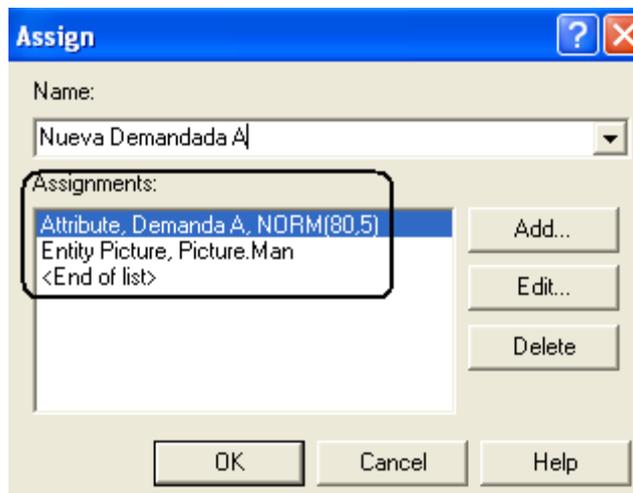
5. En el mismo recuadro denominado **DEMANDA A** del submodelo de demanda, ubique el modulo denominado **“Nueva Demanda A”** y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



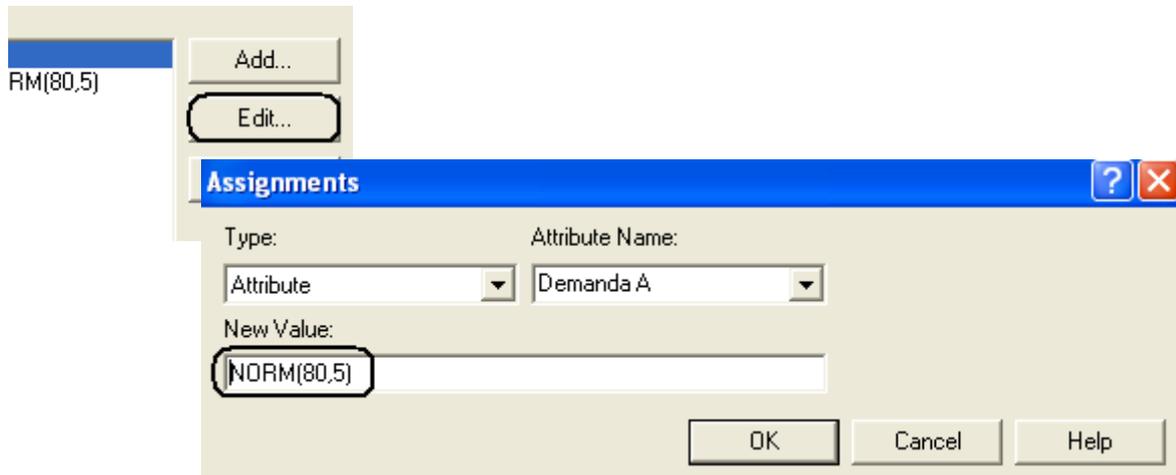


Para este módulo, el campo:

“Assignments”: se asigna la nueva cantidad del producto demandado por el cliente una vez regresado.

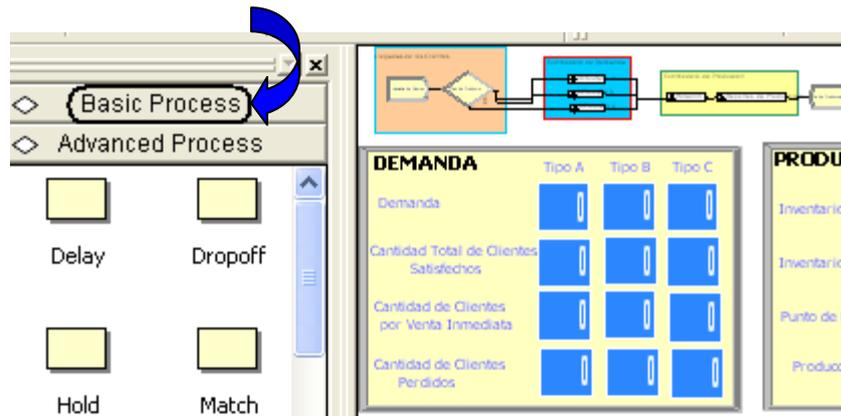


Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “New Value”, e ingrese el valor de la nueva demanda del producto. Para este trabajo es el producto A y su demanda está representada por una distribución Normal(media=80, desviación= 5).

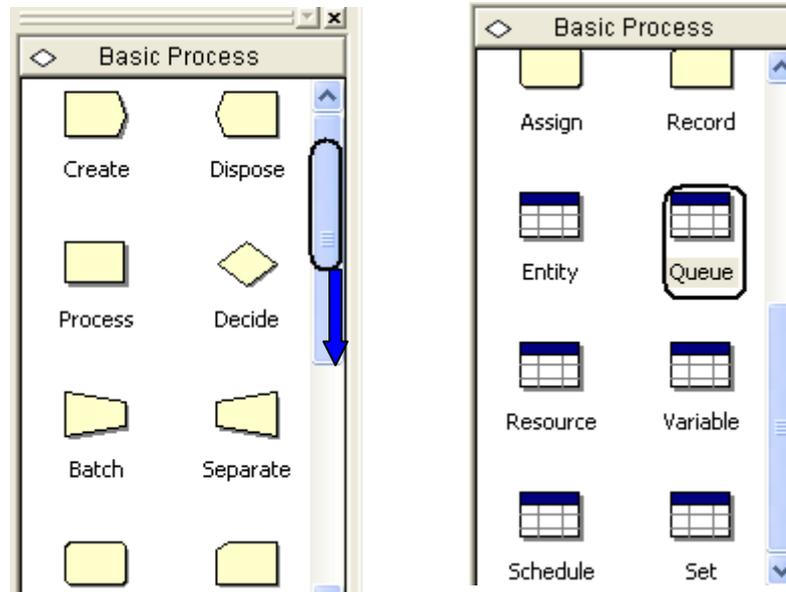


Haga click en la opción **OK**.

6. Activar en el sistema de producción la regla de prioridad, para este trabajo es FIFO. Para ello, haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada (en miniatura) denominada “Queue”.



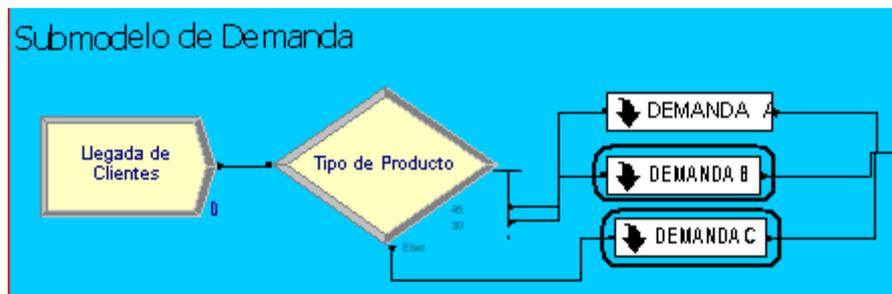
Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Queue”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todos los procesos que ameritan una cola.

| | Name | Type | Attribute Nam |
|---|---|------------------------|--------------------------------|
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 2 | Retiene Entidad.Queue | Lowest Attribute Value | valor de prioridad de producto |
| 3 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | Attribute 1 |

En la hoja cuadriculada Queue encontrará, el nombre del proceso que se activará la regla de prioridad y en la misma fila, encontrará varios campos. Para este trabajo, el proceso al cual se le debe activar la regla de prioridad FIFO es el llamado “Retiene Entidad.Queue”. Para ello, haga click sobre la flecha en el recuadro siguiente en la columna denominada Type. Seleccione “First In First Out” para escoger de la cola, los clientes que tengan el menor tiempo de entrega.

| | Name | Type | Attribute Name |
|---|---|------------------------|--------------------------------|
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 2 | Retiene Entidad.Queue | Lowest Attribute Value | valor de prioridad de producto |
| 3 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | Attribute 1 |

Nota: Este procedimiento aplica para todos los productos que se fabriquen en el sistema. Para este trabajo se procede para la Demanda de B y la Demanda de C.



6.7. Escenario N° 7. Venta Programada y utilizando la Regla de Prioridad FIFO.

6.7.1. Alimentación de las Variables Externas para el Escenario N° 7.

Las variables externas, representa aquellas que se almacenan en cada uno de los escenarios, sin manipular los nodos o módulos internos de los mismos. Entre las variables externas que se deben modificar se tienen:

Tabla N° 28: Nombres de las Variables Externas para el Escenario N° 7.

| Variable Externas |
|---------------------------------|
| Ausentismo |
| Tiempo de parada por ausentismo |
| Capacidad |
| Aumento |
| Producto en fabricación |
| Variable Tiempo |
| Tiempo de Puesta Punto |

Fuente: Elaboración propia

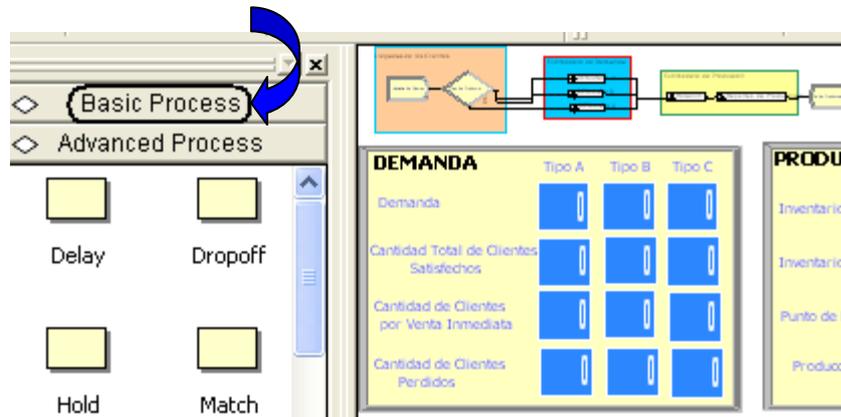
Para ingresar a este escenario, es necesario aplicar los pasos que se explican a continuación:

1. Abrir el Modelo “**Venta Programada FIFO**”, haciendo doble click sobre el.

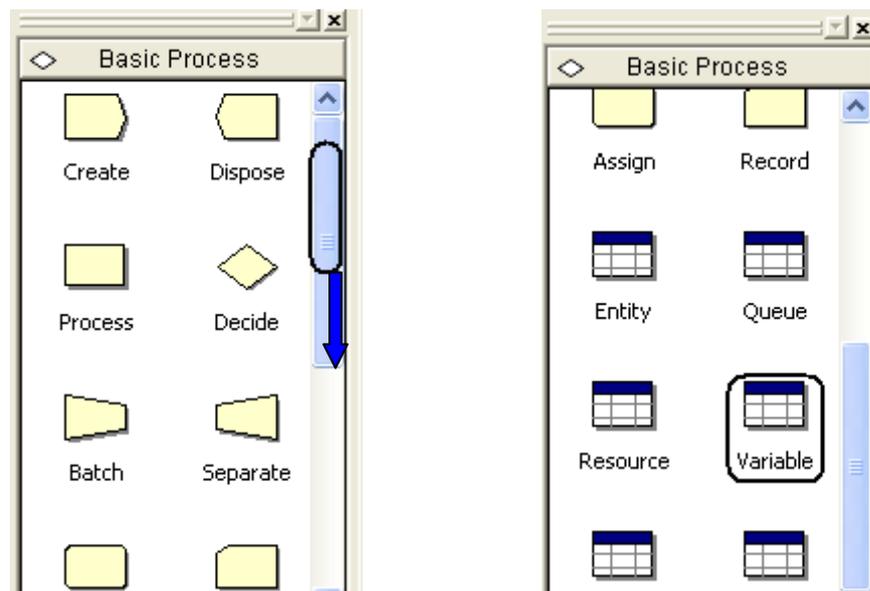
Nota: Para aumentar la figura del modelo que representa el escenario 7, utilice la tecla (+), para disminuir la figura utilice la tecla (-). Para ver el Modelo completo utilice la tecla asterisco (*). Conjuntamente utilice las teclas direccionales para desplazarse hacia arriba, abajo, a la izquierda o la derecha.



2. Haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



3. Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada en miniatura denominada “Variable”.





4. Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Variable”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todas las variables, modificando sólo las nombradas al inicio.

| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report S |
| 1 | Venta Programada tipo A | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Programada tipo C | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Venta Programada tipo B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | tiempo de parada por ausentismo | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Aumento | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Ausentismo | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Produccion de A | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Produccion de B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 9 | Produccion de C | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |

5. En la hoja cuadriculada variable encontrará, el nombre de la variable a modificar y en la misma fila, encontrará varios campos. Para cada campo, seleccione haciendo doble click sobre la opción denominada “Initial Values” e introduzca el valor de la variable para el escenario que este estudiando.

| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Repc |
| 1 | Venta Programada tipo A | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Programada tipo C | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Venta Programada tipo B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | tiempo de parada por ausentismo | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Aumento | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Ausentismo | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Produccion de A | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Produccion de B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |

Nota: Para regresar al Modelo Principal, haga click sobre cualquiera de los nodos que se encuentran en la opción ingresada (Basic Process).



6.7.2. Alimentación de las Variables Internas para el Escenario N° 7.

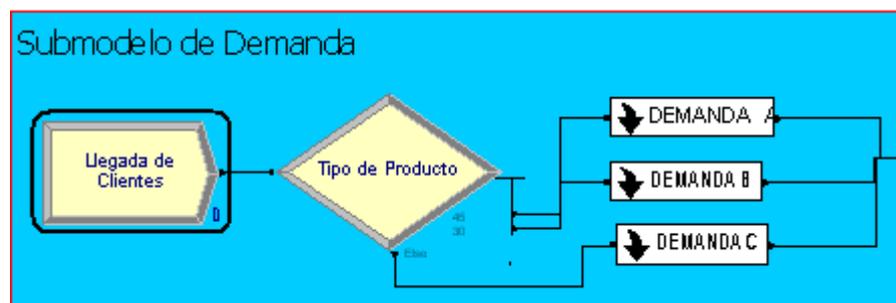
Las variables internas, representa aquellas que se almacenan ingresando a los nodos o módulos internos del modelo o escenario en particular. Entre las variables que se deben modificar se tienen:

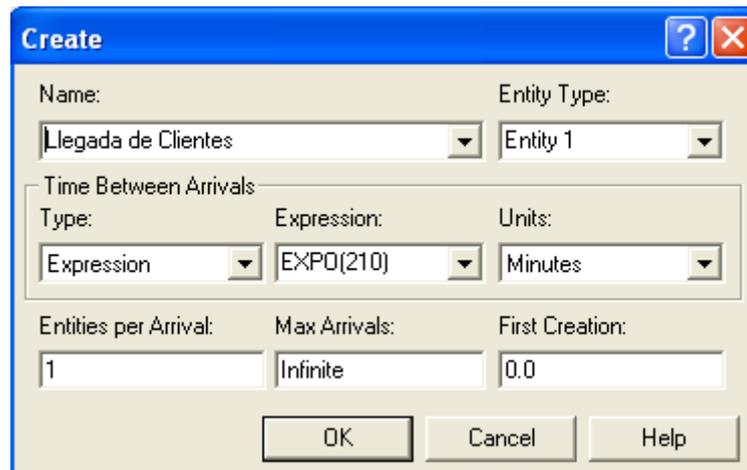
Tabla N° 29: Nombres de las Variables a modificar en el escenario N° 7.

| Variable Internas |
|---------------------------|
| Llegada de Clientes |
| Tipo de Producto |
| Cantidad Demandada tipo A |
| Cantidad Demandada tipo B |
| Cantidad Demandada tipo C |

Fuente: Elaboración propia

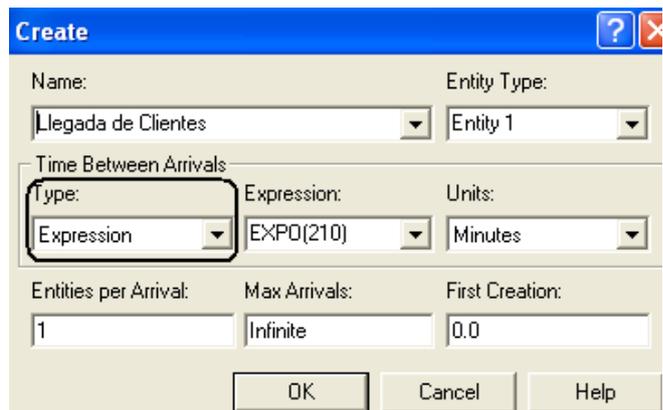
1. En el modelo, ubique el submodelo denominado “**Submodelo de Demanda**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



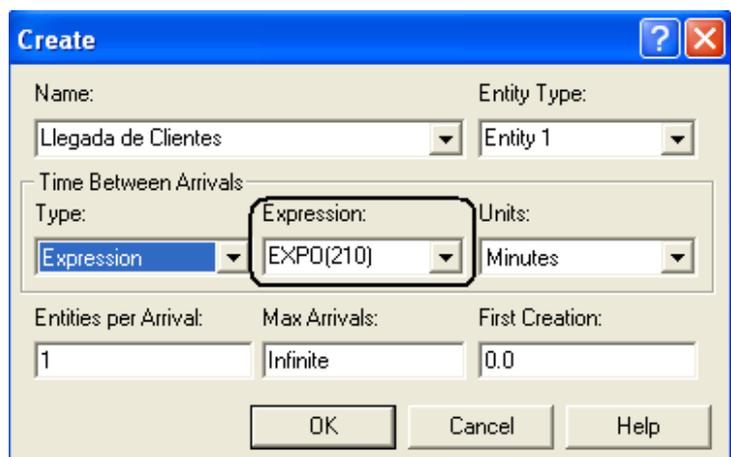


Para este módulo, el campo:

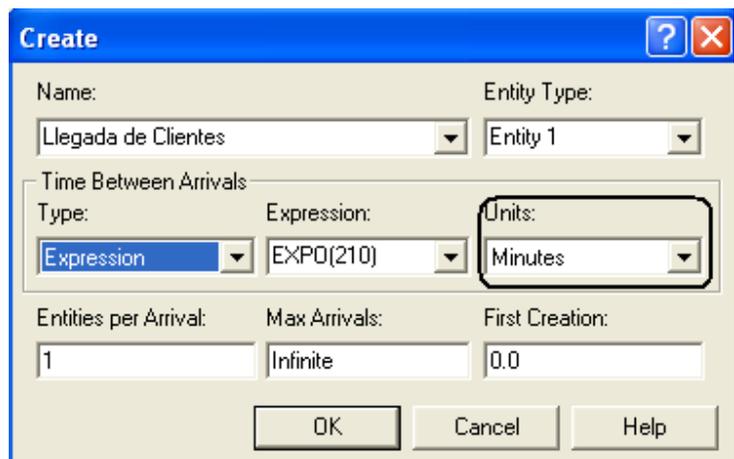
- ❖ “Type”: se especifica el tipo de distribución que tendrá la llegada de las entidades (puede ser: constante, Random, horario o una expresión). Para este trabajo el tiempo entre llegadas son clientes y es una Expresión. Utilice la flecha para seleccionar una de ellas.



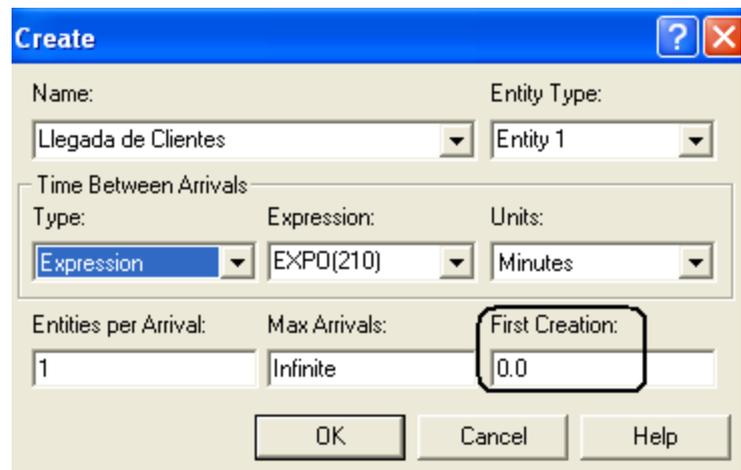
- ❖ “Expresión”: se especifica el valor o la expresión del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes es una expresión Exponencial con media de 210.



- ❖ “Units: se especifica la unidad de tiempo del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes se mide en minutos.

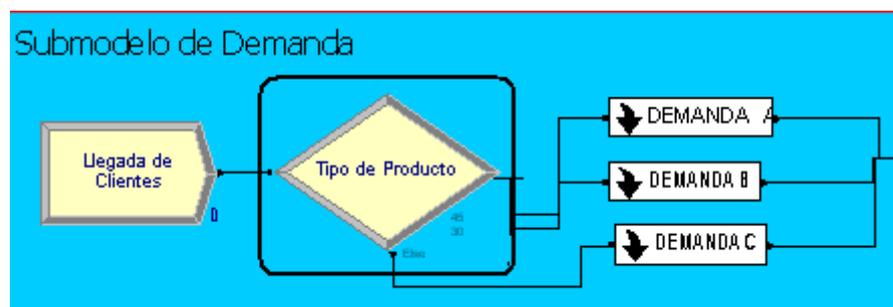


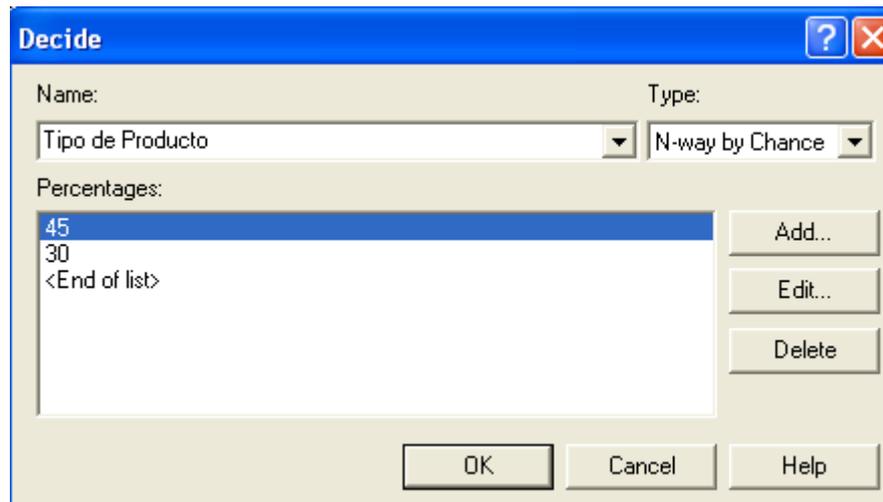
- ❖ “First Creation” se especifica el instante de tiempo en que serán creadas las entidades. Para este trabajo los clientes llegan desde el instante de tiempo cero (0.0).



Haga click en la opción **OK**.

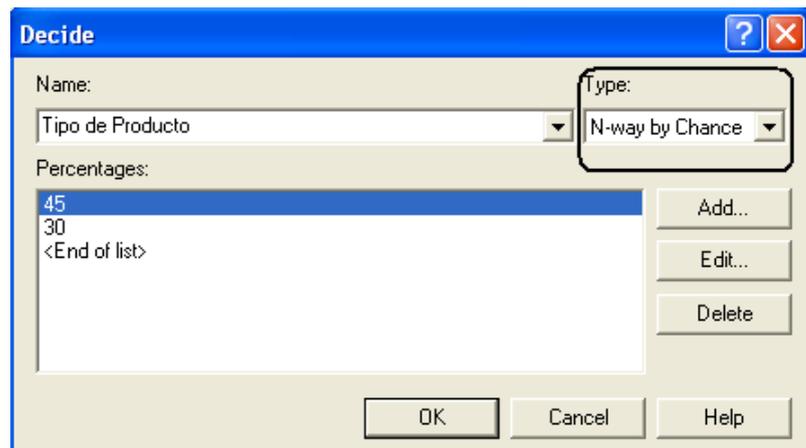
2. Ubique el modulo denominado “**Tipo de Producto**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos





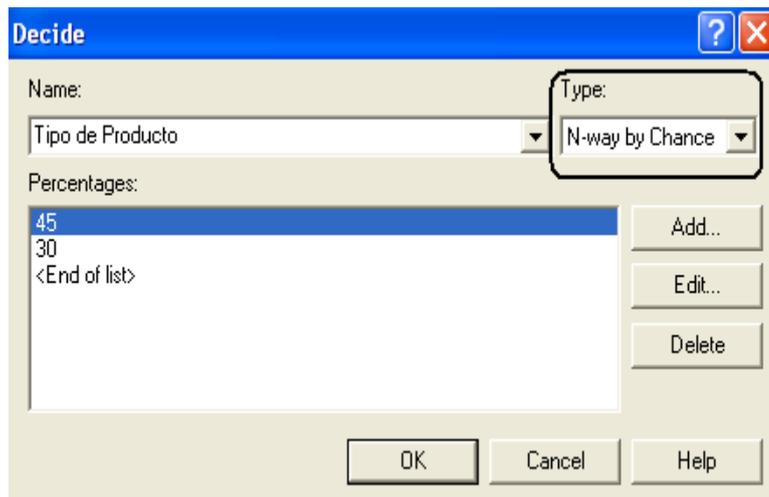
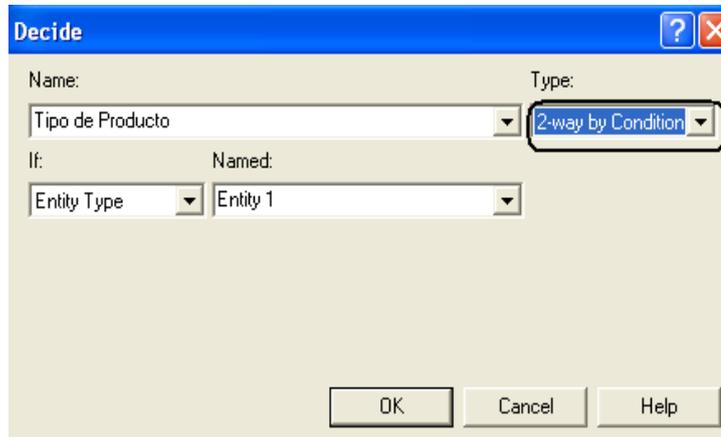
Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema.



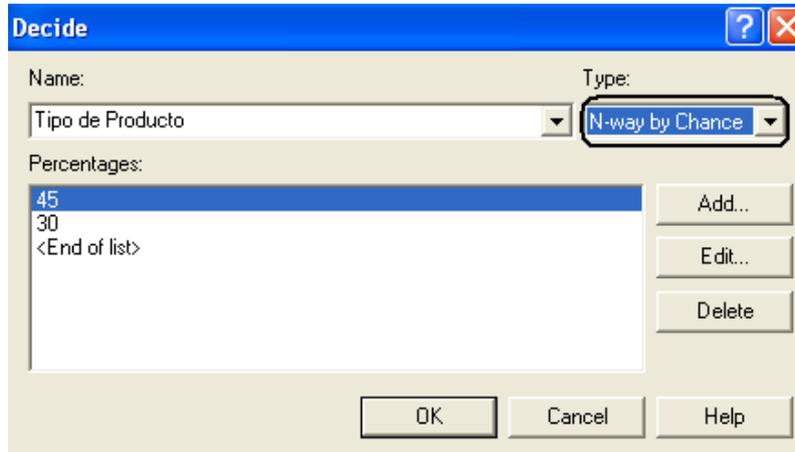


En caso que el sistema de estudio amerite uno (1) o dos (2) caminos, seleccione la opción “2-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.



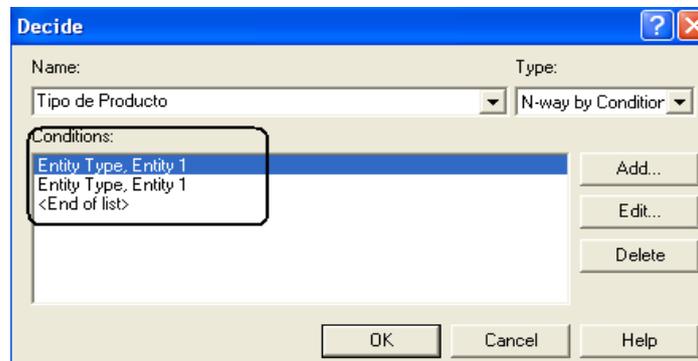
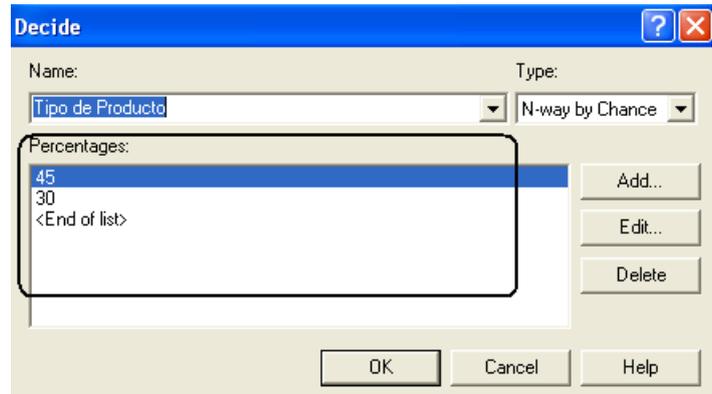


En caso que el sistema de estudio amerite más de tres (3) caminos, seleccione la opción “N-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.

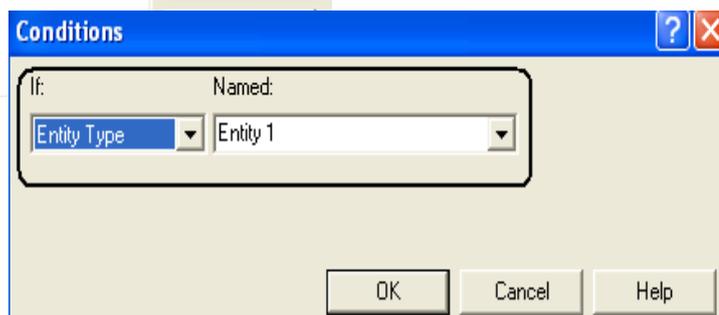
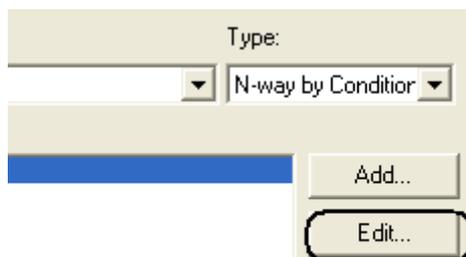


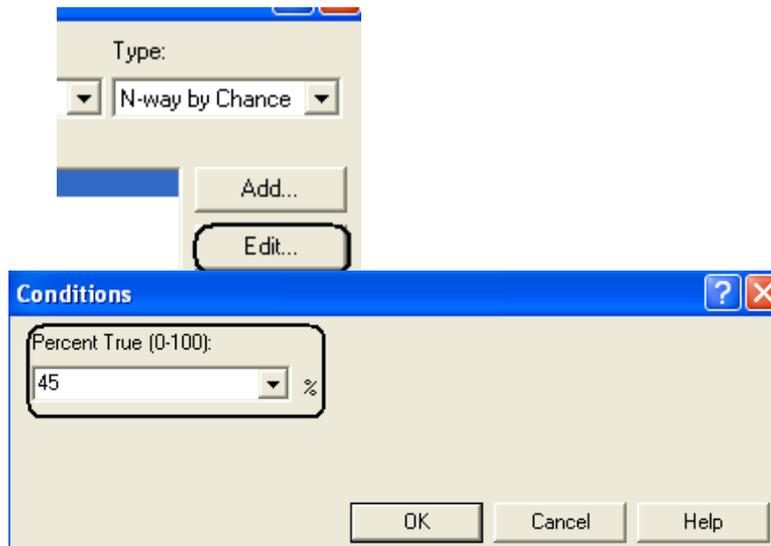
Para este trabajo, el sistema de estudio (escenario 7) amerita más de tres (3) caminos (productos A, B y C) con porcentajes definidos previamente. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

- ❖ “Conditions o Percentages”: en caso de ser la primera, se especifica la condiciones bajo el cual se cumplirá la pregunta especificada en le modulo. En caso de ser la segunda, se ingresa los porcentajes de los caminos a estudiar.



Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “Percent Trae o en la condición” e ingrese la condición o el porcentaje (%) de los caminos a estudiar. la demanda del producto.



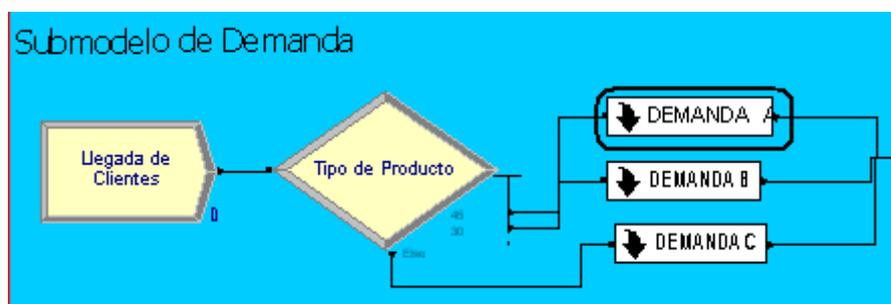


Para este trabajo, los caminos son las demanda porcentuales tres (3) productos (A, B y C), donde el producto tipo A lo demandan el 45% de los clientes, el producto tipo B lo demandan el 30% de los clientes y el producto tipo C lo demandan el 25% de los clientes.

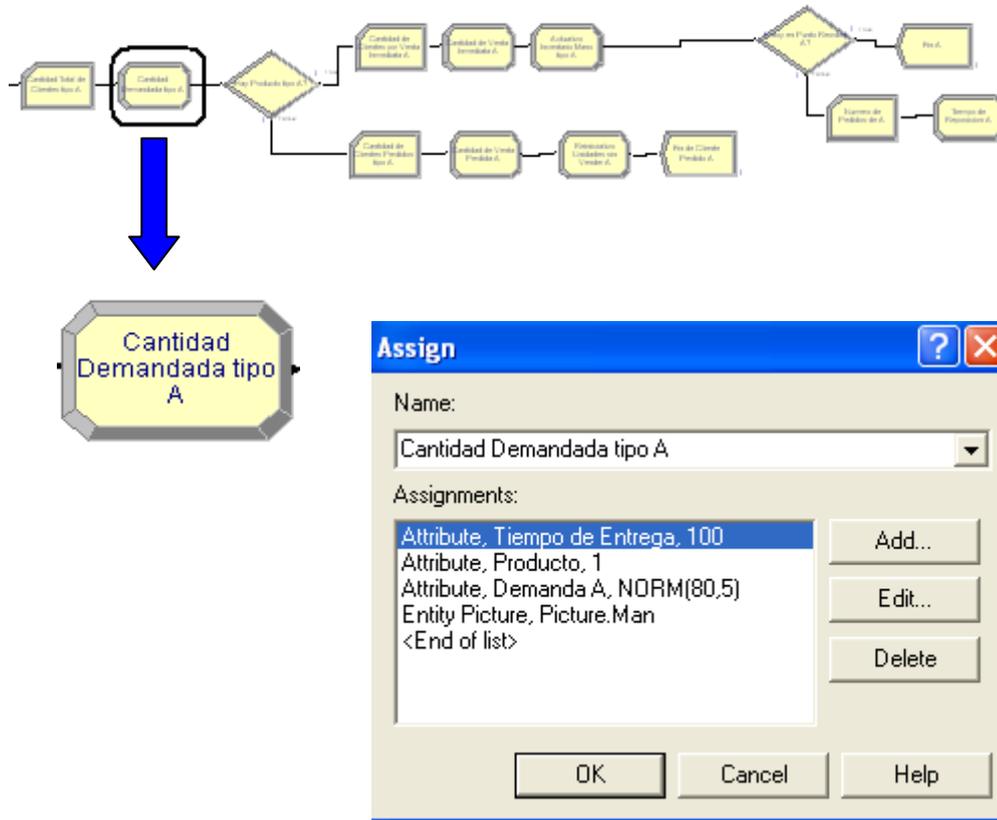
Haga click en la opción **OK**.

Nota: si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

3. Ubique sobre el Submodelo de Demanda el recuadro denominado “**DEMANDA A**” y haga doble click sobre el.

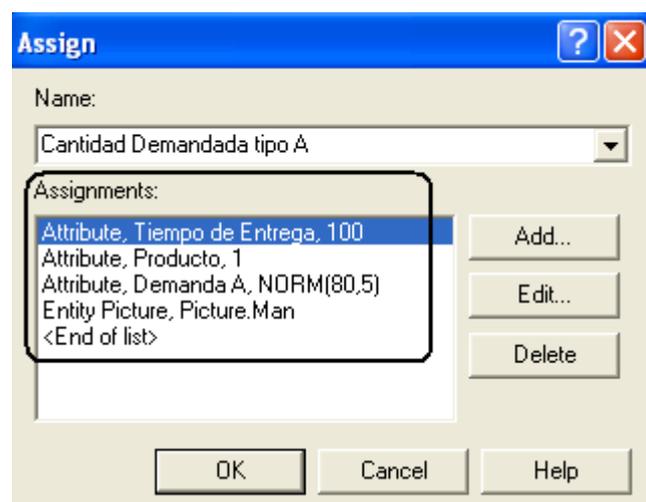


Una vez ingresado, ubique el módulo denominado “**Cantidad Demandada tipo A**” y haga doble click sobre éste. En él se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



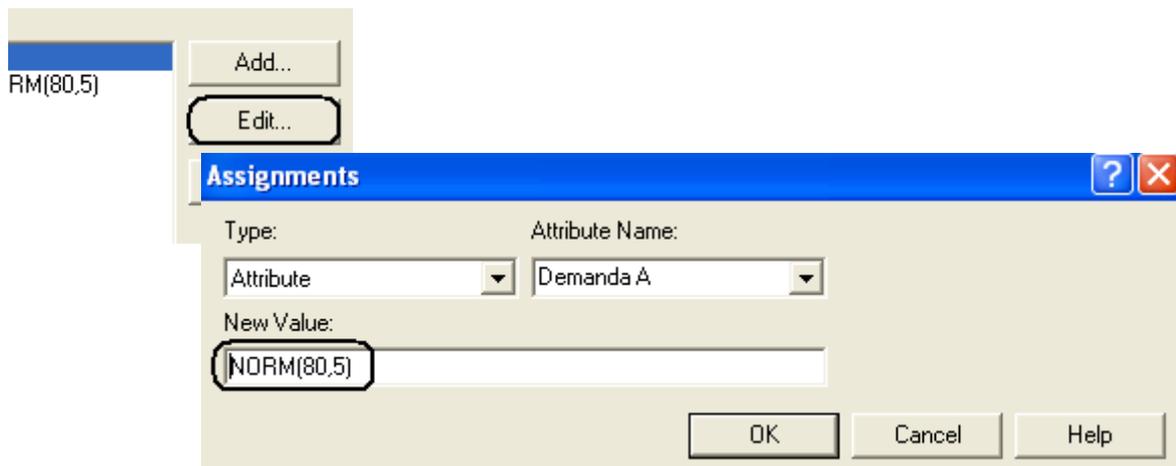
Para este módulo, el campo:

“Assignments”: se asignan la cantidad del producto demandado por el cliente, el último de producto que se fabricó en la línea y el tiempo de entrega que desea el cliente. Para este trabajo, es el producto A.





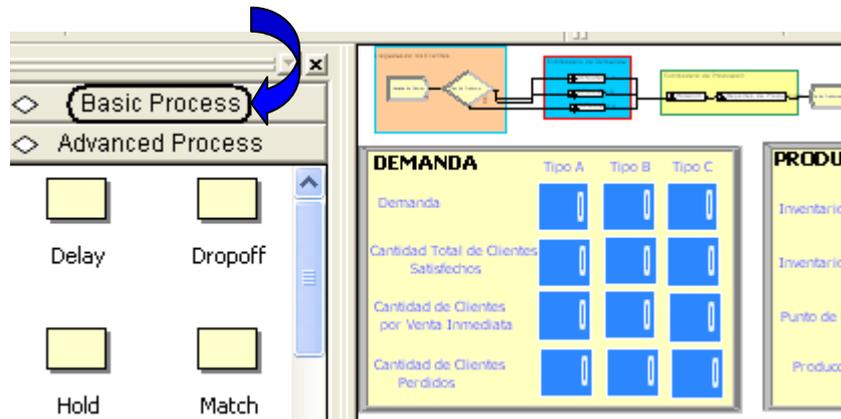
Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “New Value”, e ingrese el valor de la demanda del producto. Para este trabajo es el producto A y su demanda está representada por una distribución Normal(media=80, desviación= 5). De igual manera se procede para el último producto, que en nuestro caso el tipo 1 es igual al producto tipo A. De igual manera se procede para el tiempo de entrega, donde su valor será de 100.



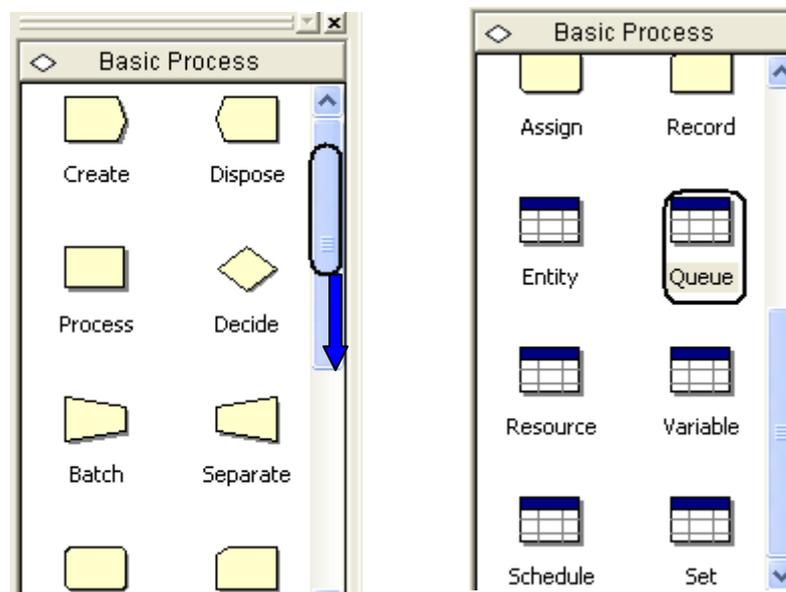
Haga click en la opción **OK**.

Nota: Si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

4. Activar en el sistema de producción la regla de prioridad, para este trabajo es FIFO. Para ello, haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada (en miniatura) denominada “Queue”.



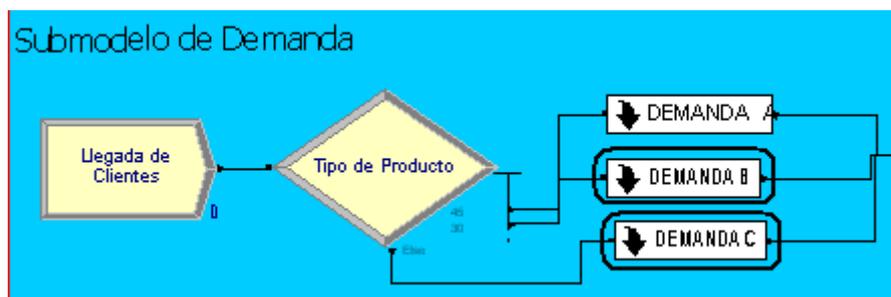
Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Queue”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todos los procesos que ameritan una cola.

| Queue - Basic Process | | | | |
|-----------------------|---|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | Name | Type | Shared | Report Statistics |
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Retiene Entidad.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

En la hoja cuadriculada Queue encontrará, el nombre del proceso que se activará la regla de prioridad y en la misma fila, encontrará varios campos. Para este trabajo, el proceso al cual se le debe activar la regla de prioridad FIFO es el llamado “Retiene Entidad.Queue”. Para ello, haga click sobre la flecha en el recuadro siguiente en la columna denominada Type. Seleccione “First In First Out” para escoger de la cola, los clientes que tengan el menor tiempo de entrega.

| Queue - Basic Process | | | | |
|-----------------------|---|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | Name | Type | Shared | Report Statistics |
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Retiene Entidad.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Nota: Este procedimiento aplica para todos los productos que se fabriquen en el sistema. Para este trabajo se procede para la Demanda de B y la Demanda de C.





6.8. Escenario N° 8. Venta Programada y utilizando la Regla de Prioridad Menor Tiempo de Entrega.

6.8.1. Alimentación de las Variables Externas para el Escenario N° 8.

Las variables externas, representa aquellas que se almacenan en cada uno de los escenarios, sin manipular los nodos o módulos internos de los mismos. Entre las variables externas que se deben modificar se tienen:

Tabla N° 30: Nombres de las Variables Externas para el Escenario N° 8.

| Variable Externas |
|---------------------------------|
| Ausentismo |
| Tiempo de parada por ausentismo |
| Capacidad |
| Aumento |
| Producto en fabricación |
| Variable Tiempo |
| Tiempo de Puesta Punto |

Fuente: Elaboración propia

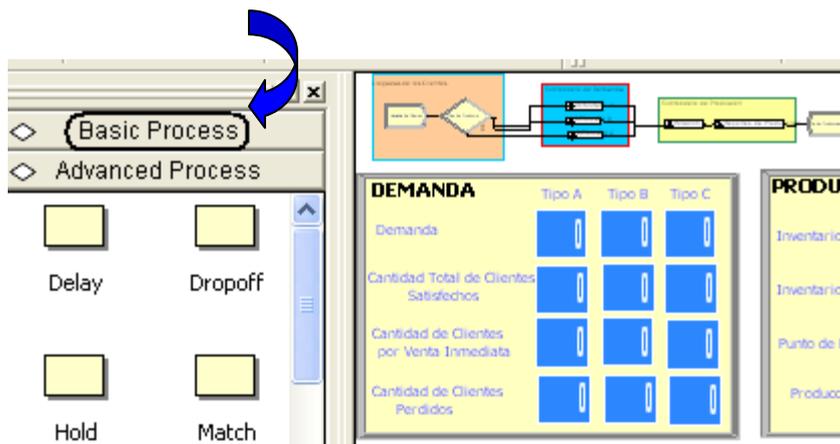
Para ingresar a este escenario, es necesario aplicar los pasos que se explican a continuación:

1. Abrir el Modelo “**Venta Programada MTE**”, haciendo doble click sobre el.

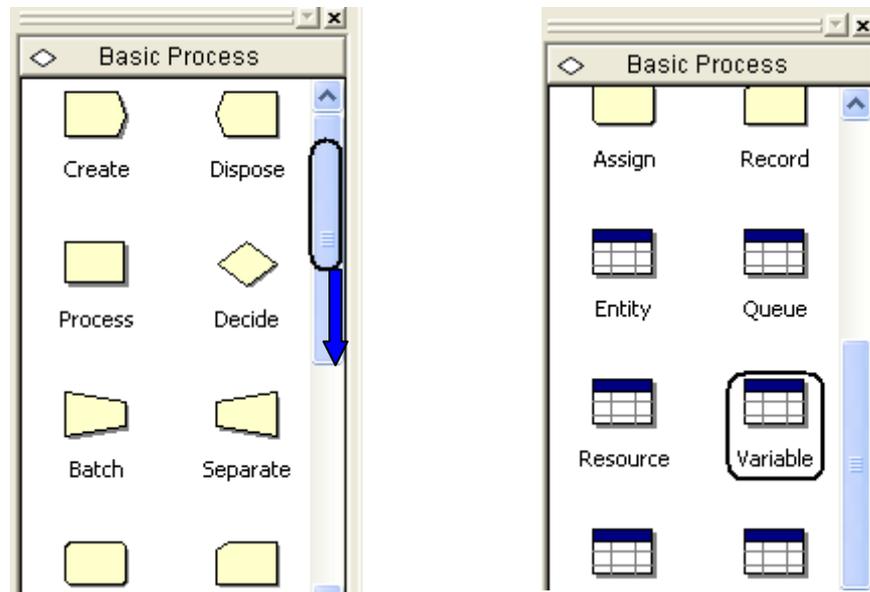
Nota: Para aumentar la figura del modelo que representa el escenario 8, utilice la tecla (+), para disminuir la figura utilice la tecla (-). Para ver el Modelo completo utilice la tecla asterisco (*). Conjuntamente utilice las teclas direccionales para desplazarse hacia arriba, abajo, a la izquierda o la derecha.



2. Haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadriculadas en miniatura.



3. Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada en miniatura denominada “Variable”.



4. Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Variable”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todas las variables, modificando sólo las nombradas al inicio.

| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Report S |
| 1 | Venta Programada tipo A | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Programada tipo C | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Venta Programada tipo B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | tiempo de parada por ausentismo | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Aumento | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Ausentismo | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Produccion de A | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Produccion de B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 9 | Produccion de C | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |



5. En la hoja cuadriculada variable encontrará, el nombre de la variable a modificar y en la misma fila, encontrará varios campos. Para cada campo, seleccione haciendo doble click sobre la opción denominada "Initial Values" e introduzca el valor de la variable para el escenario que este estudiando.

| Variable - Basic Process | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------|------|---------|--------------|----------------|--------------------------|
| | Name | Rows | Columns | Clear Option | Initial Values | Repe |
| 1 | Venta Programada tipo A | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Venta Programada tipo C | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Venta Programada tipo B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 4 | tiempo de parada por ausentismo | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Aumento | | | System | 1 rows | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Ausentismo | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 7 | Produccion de A | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |
| 8 | Produccion de B | | | System | 0 rows | <input type="checkbox"/> |

Nota: Para regresar al Modelo Principal, haga click sobre cualquiera de los nodos que se encuentran en la opción ingresada (Basic Process).

6.8.2. Alimentación de las Variables Internas para el Escenario N° 8.

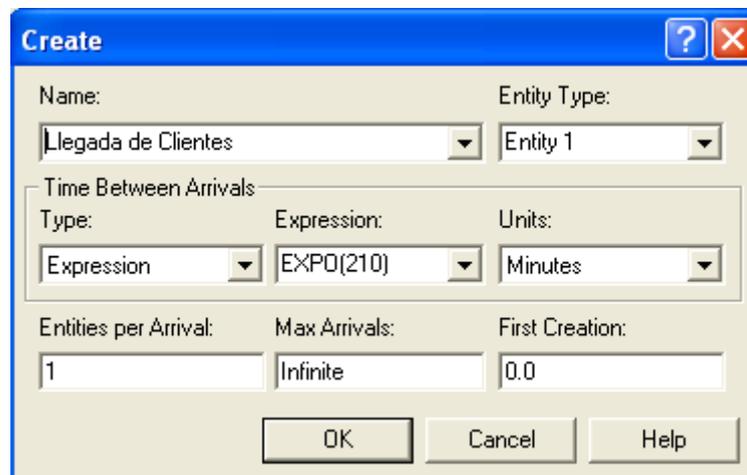
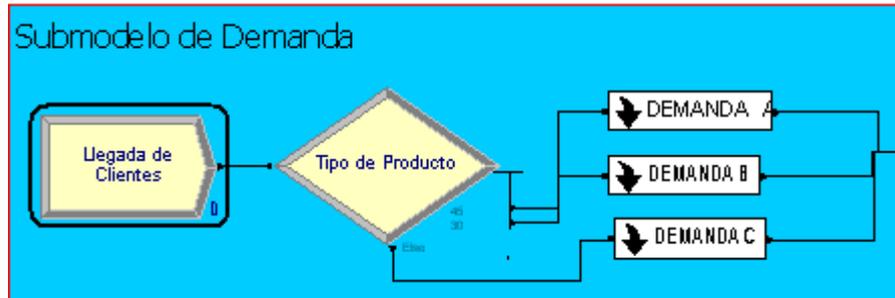
Las variables internas, representa aquellas que se almacenan ingresando a los nodos o modulos internos del modelo o escenario en particular. Entre las variables que se deben modificar se tienen:

Tabla N° 31: Nombres de las Variables a modificar en el escenario N° 8.

| Variable Internas |
|---------------------------|
| Llegada de Clientes |
| Tipo de Producto |
| Cantidad Demandada tipo A |
| Cantidad Demandada tipo B |
| Cantidad Demandada tipo C |

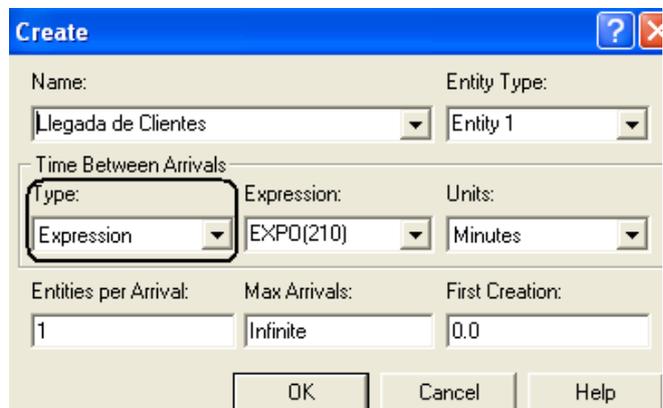
Fuente: Elaboración propia

1. En el modelo, ubique el submodelo denominado “**Submodelo de Demanda**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.



Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el tipo de distribución que tendrá la llegada de las entidades (puede ser: constante, Random, horario o una expresión). Para este trabajo el tiempo entre llegadas son clientes y es una Expresión. Utilice la flecha para seleccionar una de ellas.



- ❖ “Expresión”: se especifica el valor o la expresión del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes es una expresión Exponencial con media de 210.

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'Expression' field is highlighted with a black box.

- ❖ “Units: se especifica la unidad de tiempo del tiempo entre llegada de las entidades. Para este trabajo el tiempo entre llegadas de los clientes se mide en minutos.

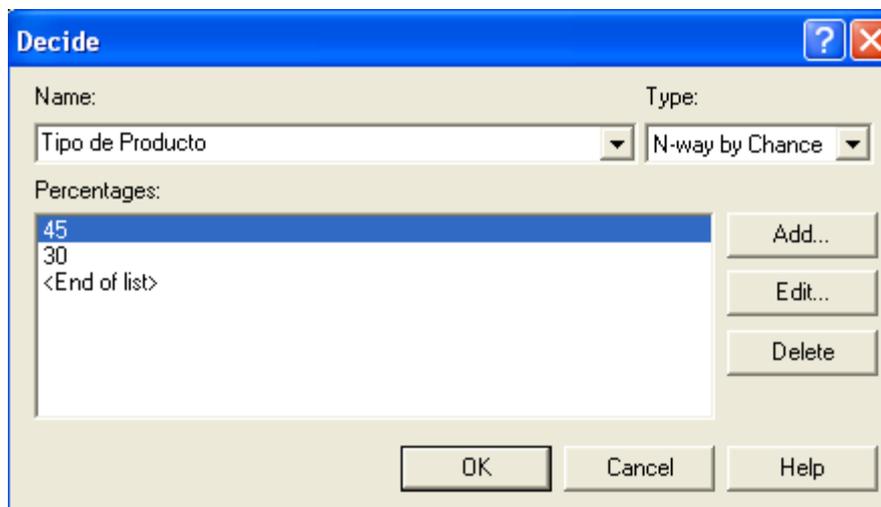
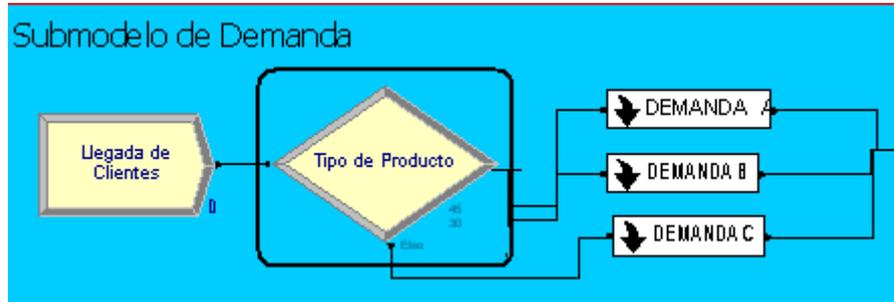
The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'Units' field is highlighted with a black box.

- ❖ “First Creation” se especifica el instante de tiempo en que serán creadas las entidades. Para este trabajo los clientes llegan desde el instante de tiempo cero (0.0).

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following settings: Name: Llegada de Clientes, Entity Type: Entity 1, Type: Expression, Expression: EXPO(210), Units: Minutes, Entities per Arrival: 1, Max Arrivals: Infinite, First Creation: 0.0. The 'First Creation' field is highlighted with a black box.

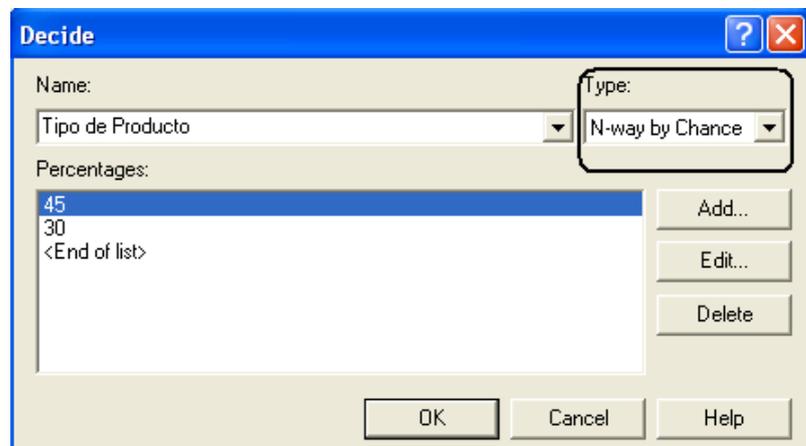
Haga click en la opción **OK**.

2. Ubique el modulo denominado “**Tipo de Producto**” y haga doble click sobre éste. En el mismo se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos



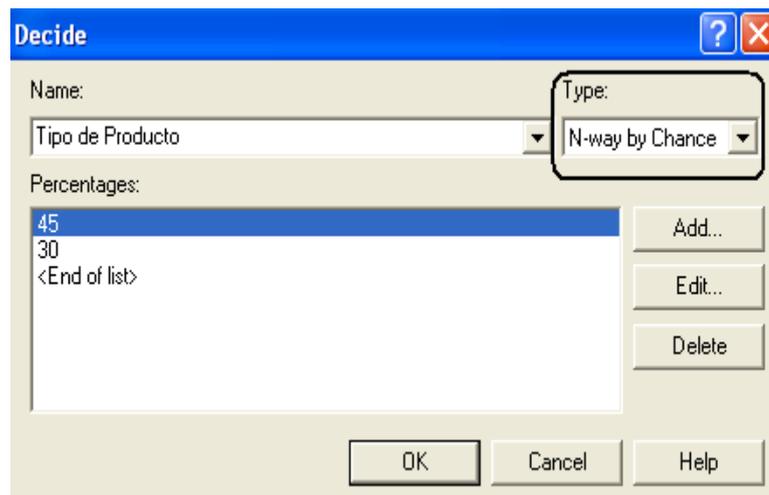
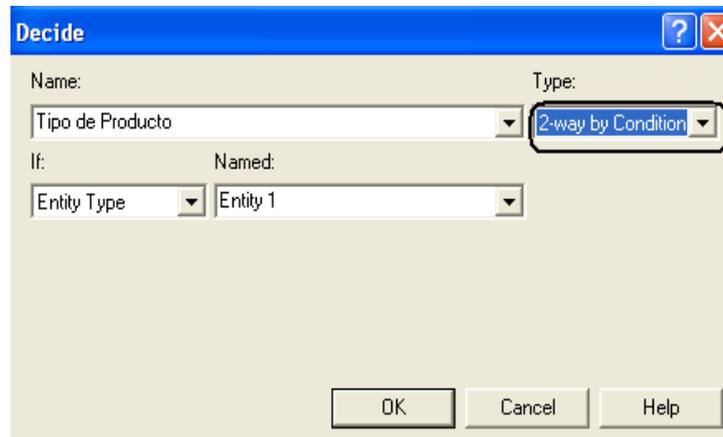
Para este módulo, el campo:

- ❖ “Type”: se especifica el número de caminos que tiene el sistema.



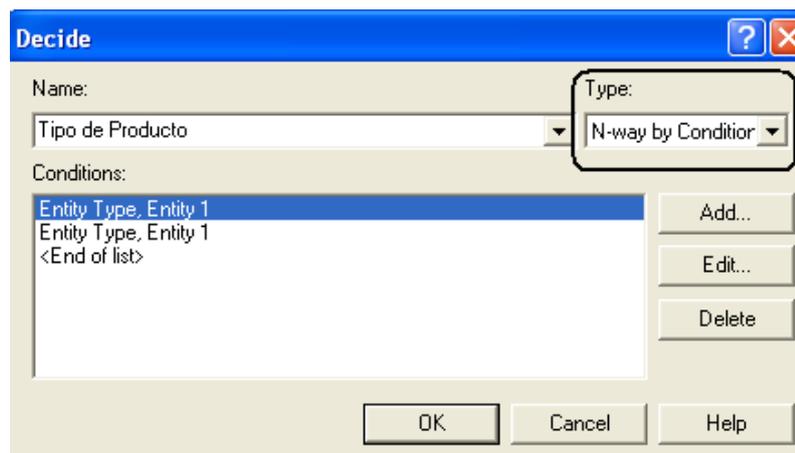
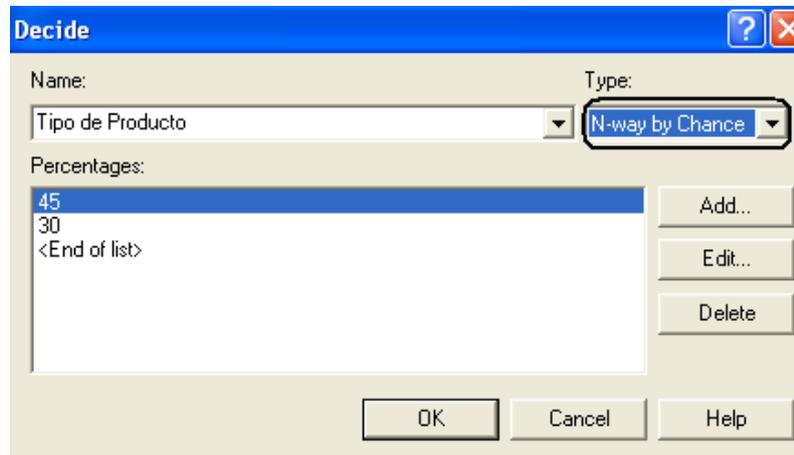


En caso que el sistema de estudio amerite uno (1) o dos (2) caminos, seleccione la opción “2-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.



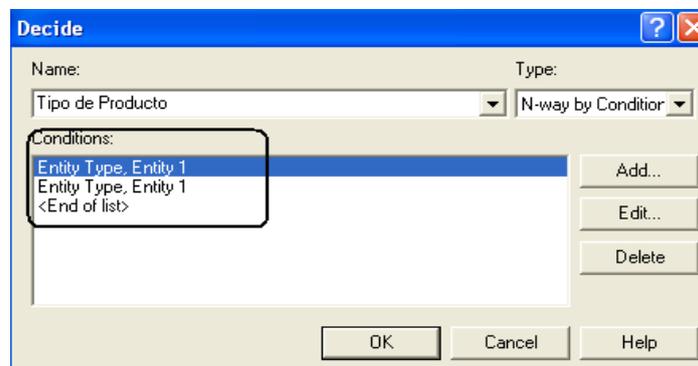
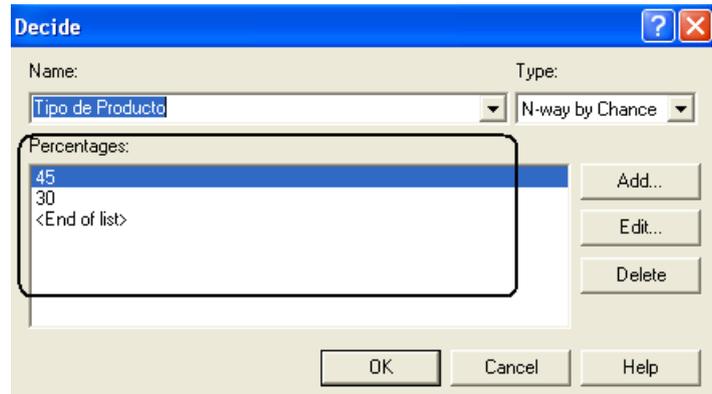


En caso que el sistema de estudio amerite más de tres (3) caminos, seleccione la opción “N-way by Chance”, si ingresará porcentajes o la opción “2-way by Condition”, si ingresará una condición o expresión.

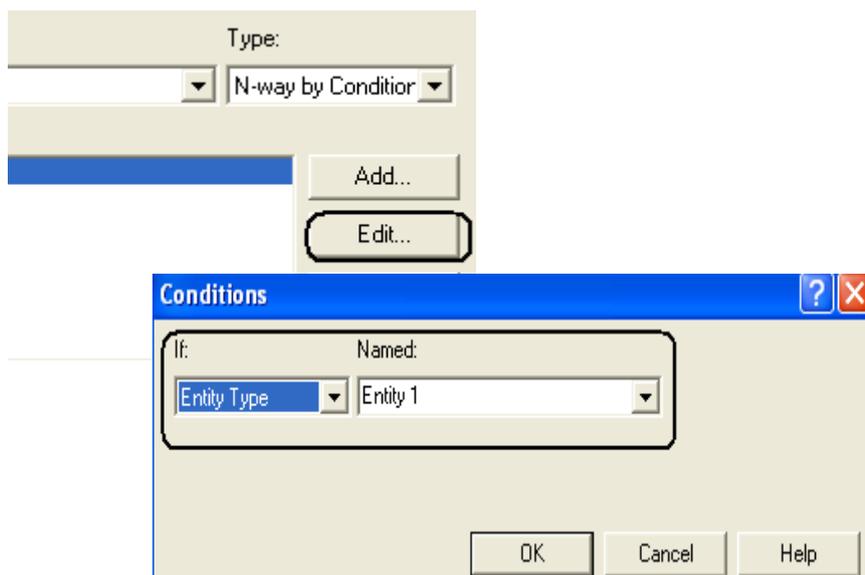


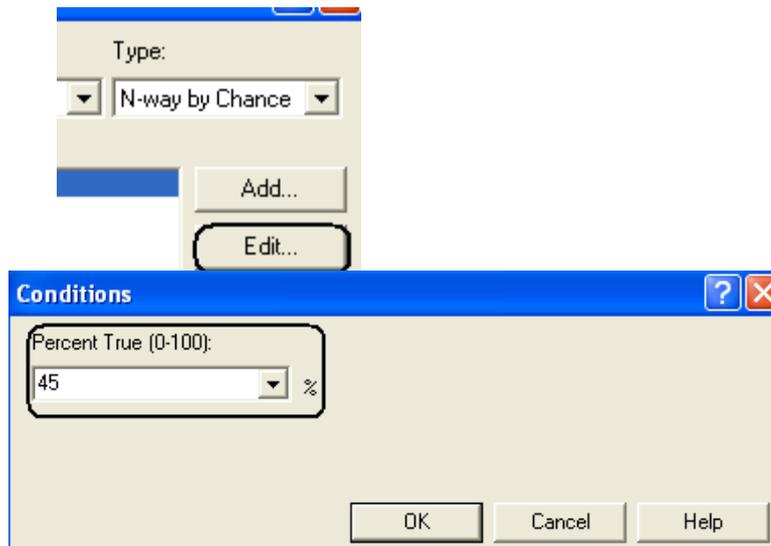
Para este trabajo, el sistema de estudio (escenario 8) amerita más de tres (3) caminos (productos A, B y C) con porcentajes definidos previamente. Para ello se seleccionó la opción “N-way by Chance”.

- ❖ “Conditions o Percentages”:
en caso de ser la primera,
se especifica la condiciones
bajo el cual se cumplirá la
pregunta especificada en le
modulo. En caso de ser la
segunda, se ingresa los
porcentajes de los caminos a estudiar.



Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “Percent Trae o en la condición” e ingrese la condición o el porcentaje (%) de los caminos a estudiar. la demanda del producto.



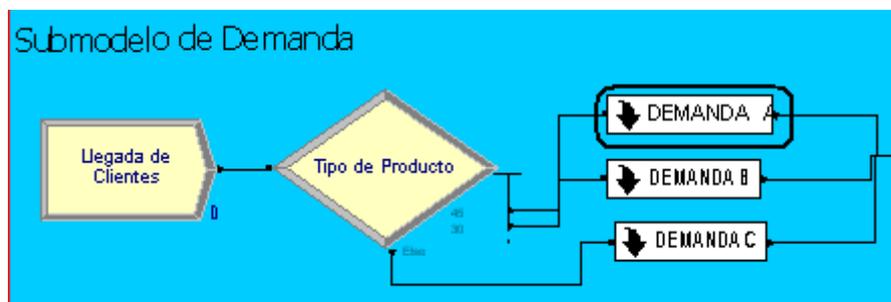


Para este trabajo, los caminos son las demanda porcentuales tres (3) productos (A, B y C), donde el producto tipo A lo demandan el 45% de los clientes, el producto tipo B lo demandan el 30% de los clientes y el producto tipo C lo demandan el 25% de los clientes.

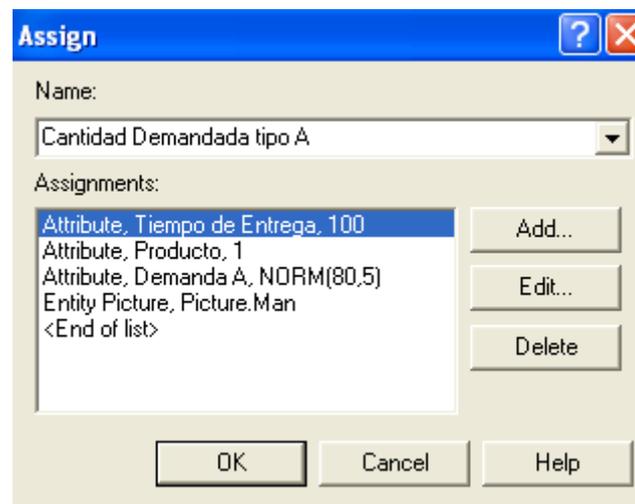
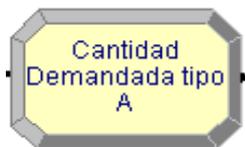
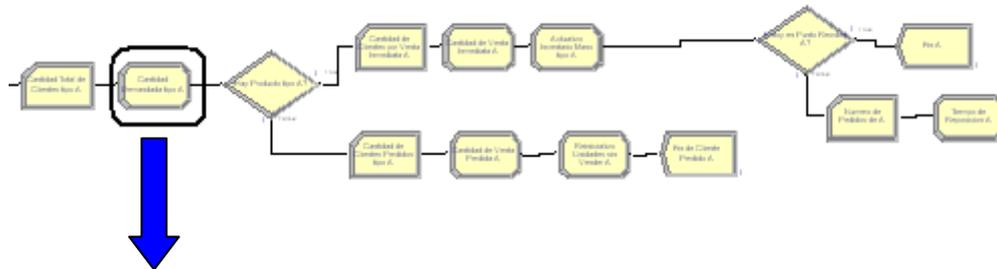
Haga click en la opción **OK**.

Nota: si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

3. Ubique sobre el Submodelo de Demanda el recuadro denominado “**DEMANDA A**” y haga doble click sobre el.

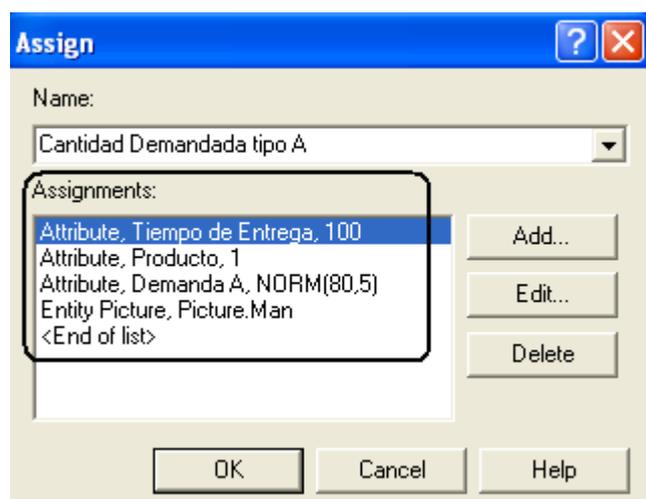


Una vez ingresado, ubique el modulo denominado “**Cantidad Demandada tipo A**” y haga doble click sobre éste. En él se desplegará un cuadro de diálogo con varios campos.

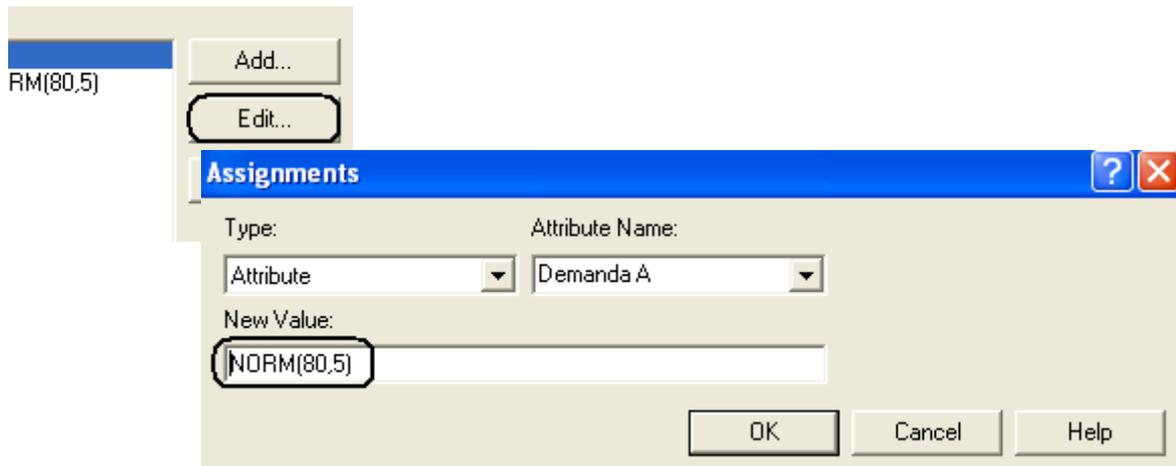


Para este módulo, el campo:

“Assignments”: se asignan la cantidad del producto demandado por el cliente, el último de producto que se fabricó en la línea y el tiempo de entrega que desea el cliente. En nuestro caso, es el producto A.



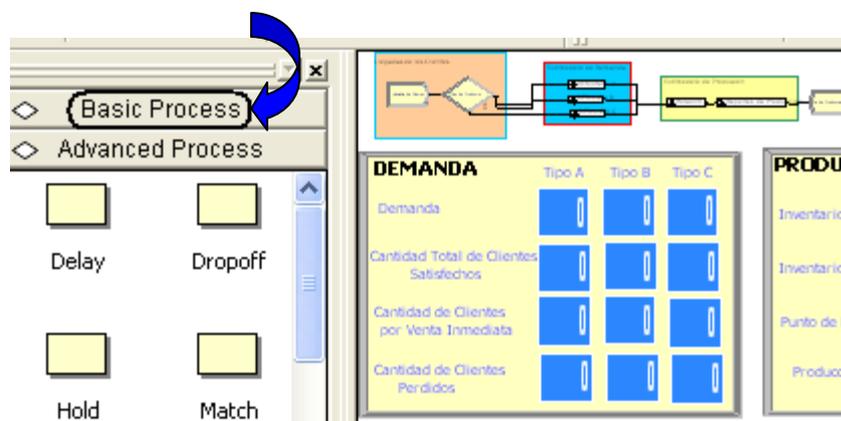
Para ello, haga click en la opción Edit y seguidamente en la opción “New Value”, e ingrese el valor de la demanda del producto. Para este trabajo es el producto A y su demanda está representada por una distribución Normal(media=80, desviación= 5). De igual manera se procede para el último producto, que en nuestro caso el tipo 1 es igual al producto tipo A. De igual manera se procede para el tiempo de entrega, donde su valor será de 100.



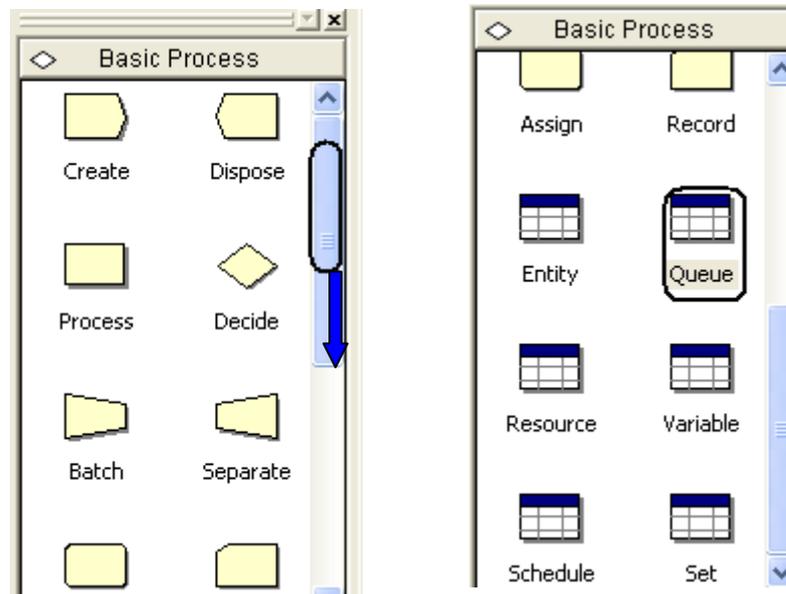
Haga click en la opción **OK**.

Nota: Si desea adicionar un producto haga click en el campo “Add” y realice el paso anterior.

4. Activar en el sistema de producción la regla de prioridad, en nuestro caso es FIFO. Para ello, haga click sobre la pestaña “Basic Process” (columna izquierda del modelo) y se desplegará un menú con varios nodos y hojas cuadrículadas en miniatura.



Con ayuda de la barra, desplace hacia abajo (hasta el final) y ubique la Hoja cuadriculada (en miniatura) denominada “Queue”.



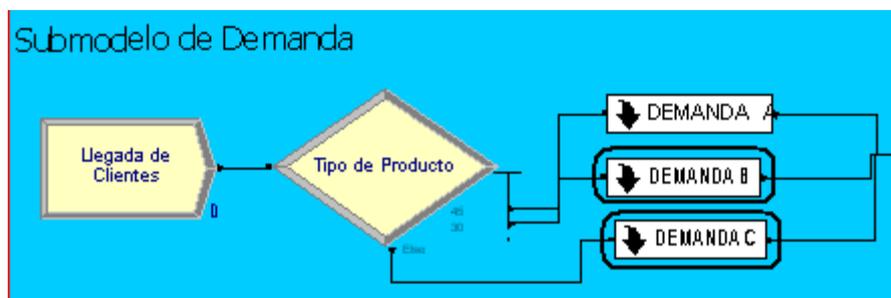
Seleccione haciendo doble click sobre la hoja cuadriculada “Queue”. La misma aparecerá debajo del modelo, y se desplegará una lista con todos los procesos que ameritan una cola.

| | Name | Type | Attribute Nam |
|---|---|------------------------|--------------------------------|
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 2 | Retiene Entidad.Queue | Lowest Attribute Value | valor de prioridad de producto |
| 3 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | Attribute 1 |

En la hoja cuadriculada Queue encontrará, el nombre del proceso que se activará la regla de prioridad y en la misma fila, encontrará varios campos. Para este trabajo, el proceso al cual se le debe activar la regla de prioridad FIFO es el llamado “Retiene Entidad.Queue”. Para ello, haga click sobre la flecha en el recuadro siguiente en la columna denominada Type. Seleccione “First In First Out” para escoger de la cola, los clientes que tengan el menor tiempo de entrega.

| | Name | Type | Attribute Name |
|---|---|------------------------|--------------------------------|
| 1 | Fabricacion del Producto Bajo MTS.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 2 | Retiene Entidad.Queue | Lowest Attribute Value | valor de prioridad de producto |
| 3 | tiempos de puesta punto.Queue | First In First Out | Attribute 1 |
| 4 | Parada por Ausentismo.Queue | First In First Out | Attribute 1 |

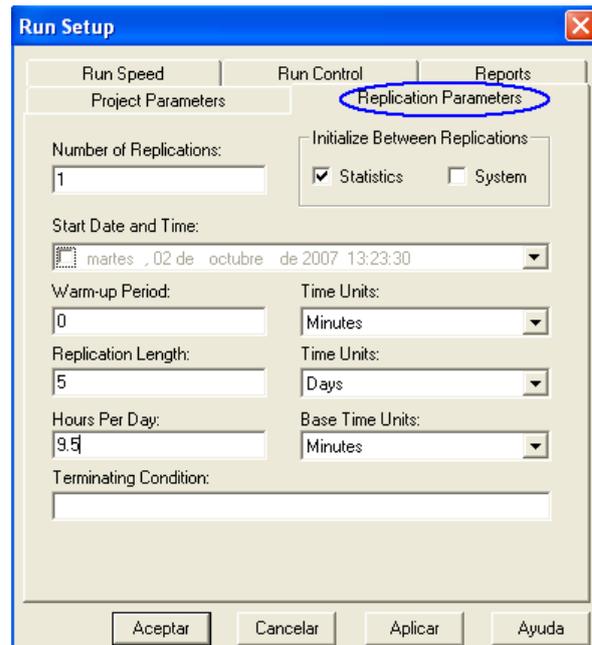
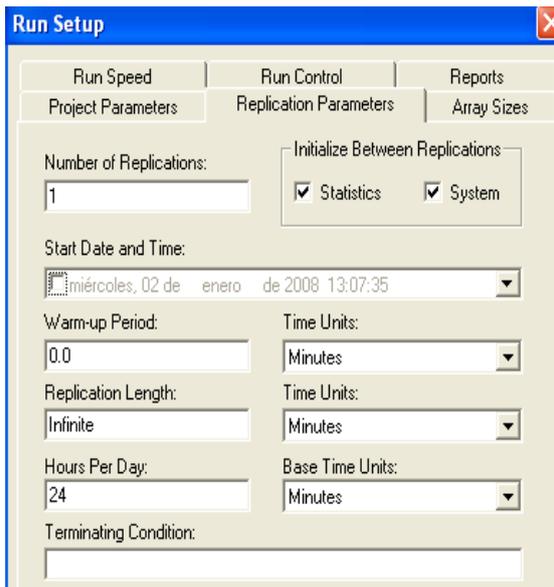
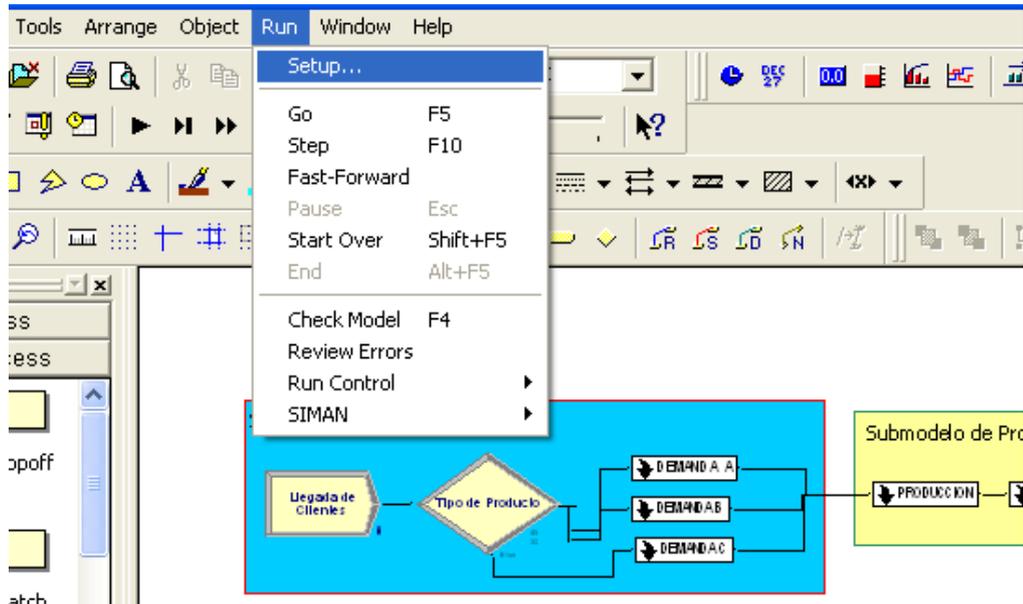
Nota: Este procedimiento aplica para todos los productos que se fabriquen en el sistema. En nuestro caso se procede para la Demanda de B y la Demanda de C.



6.2 CORRIDA DE LOS MODELOS.

Luego de construir los modelos de simulación, forman los escenarios estudiados, se deben fijar una serie de parámetros necesarios para la corrida de los mismos. Tales como: el número de replicas, el período de estabilización, la longitud de la corrida y las unidades básicas de tiempo, entre otros, se incluyen como parámetros de la corrida. Para ello, a continuación se explican el procedimiento a cumplir:

1. El control de corridas se hace desde la barra de menús, seleccionando la ventana "RUN". De ella, se despliega una lista, seleccione la opción "SETUP". Luego se abrirá un cuadro de diálogo con varios campos.



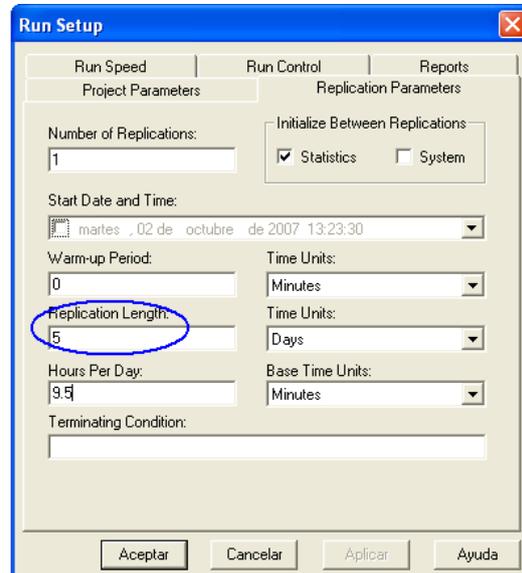


2. Haga click sobre la opción **Replication Parameters**. Luego realice el cambio en los siguientes campos:

Haga click sobre la opción **Replications Length** e ingrese el número de **días** que desee simular.

Por ejemplo:

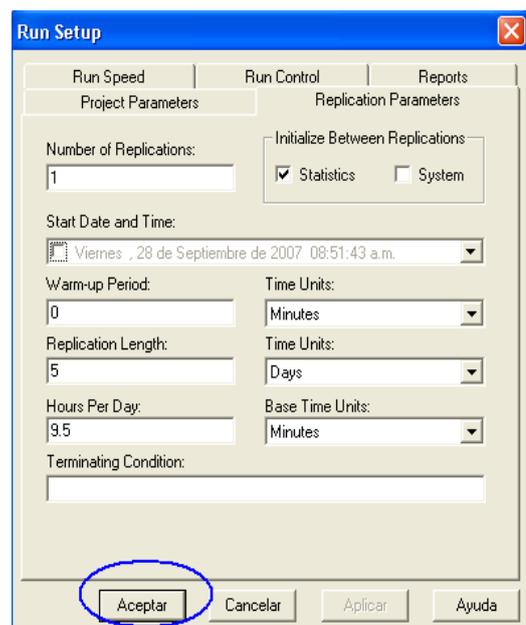
Se desea simular para 5 días y la Línea trabaja 9.5 horas.



“Hour per Day”, se especifica el tiempo durante el cual desea simular el sistema. En nuestro caso es de 24 horas por día.

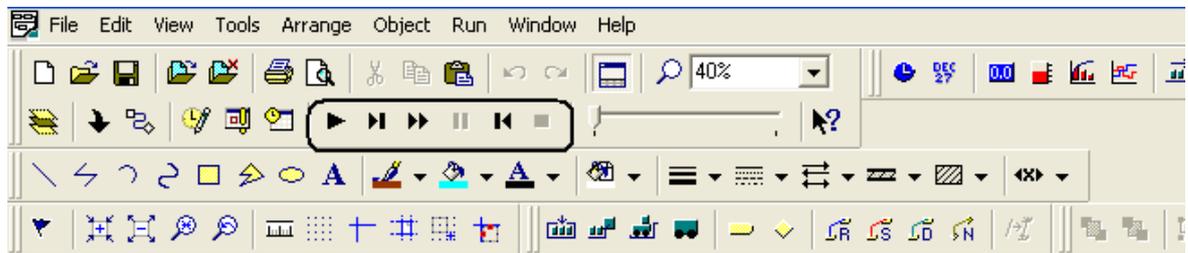
“Base Time Units”, se especifica la unidad de tiempo. En nuestro caso se mide en horas.

Una vez realizado el cambio, haga click sobre la opción **Aceptar**.



2. En la barra menú, encontrará un control de mando para la simulación como se muestra en la figura N°.

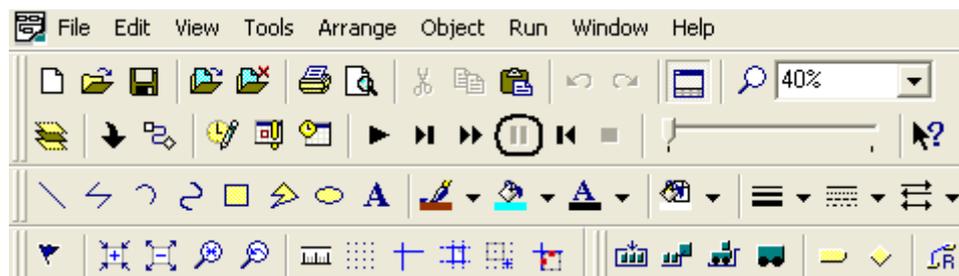
Tabla N°: Pantalla del simulador arena. Cuadro de mando.



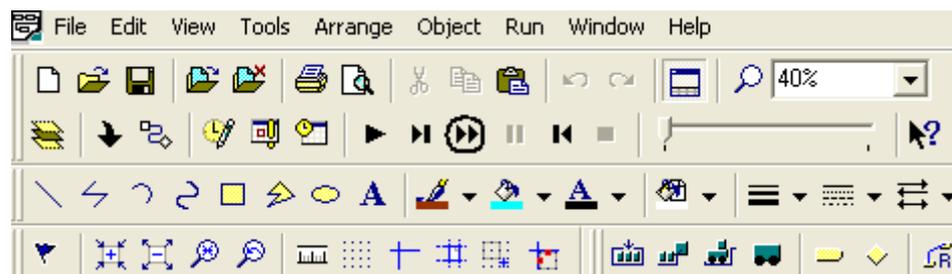
Fuente: Simulador Arena 7.1

Para comenzar la simulación, haga click en ►; puede utilizar los demás botones de acción para la simulación:

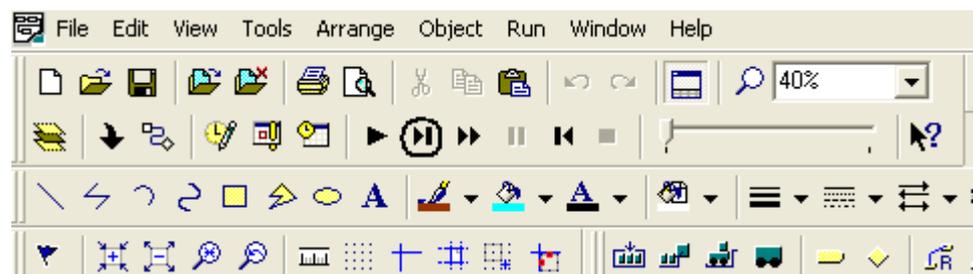
- ❖ Pausar la simulación.



- ❖ Adelantar la simulación.



- ❖ Retrasar o parar la simulación.



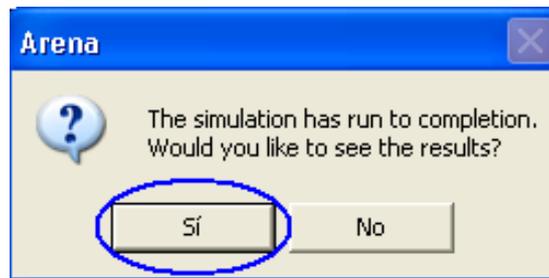


Para controlar la velocidad de la simulación:

- Disminuir: presione la tecla del teclado: consecutivamente hasta alcanzar la velocidad deseada.
- Aumentar: mantenga presionada la tecla y paralelamente presione la tecla consecutivamente hasta alcanzar la velocidad deseada.

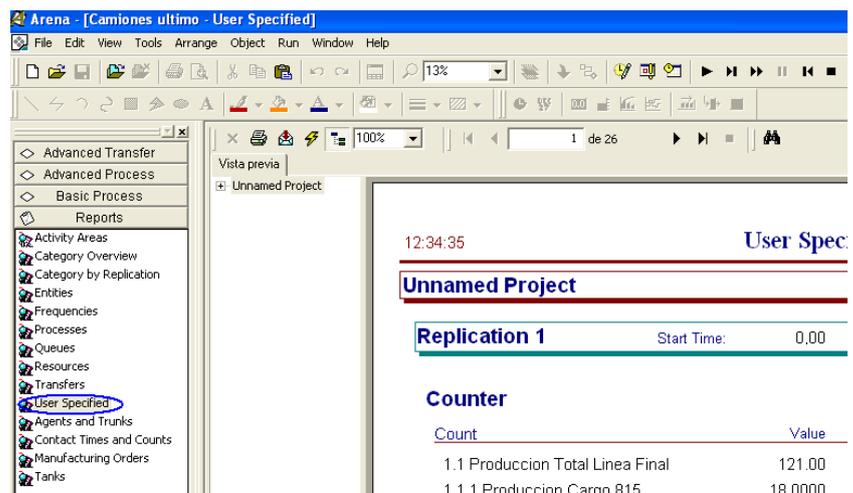
3. Una vez finalizada la simulación, aparecerá un cuadro de diálogo con la pregunta:

Would you like to see the results? (desea ver los resultados de la simulación?); Haga click sobre la opción **SI**, para tener acceso a lista de resultados.

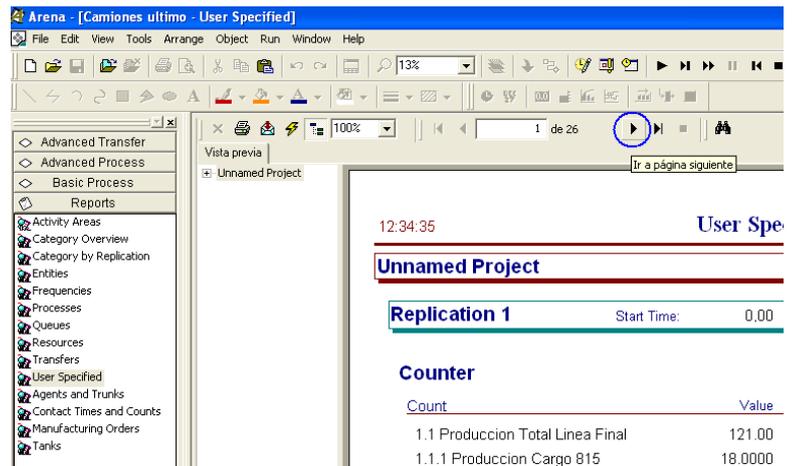


4. Se abrirá una nueva ventana a la izquierda del modelo, donde se encuentra una lista de opciones de reportes. Seguidamente, aplique los siguientes pasos:

- ❖ Haga click sobre la opción **User Specified**, y aparecerá a la derecha una serie de paginas con reportes estadísticos acerca de la simulación.

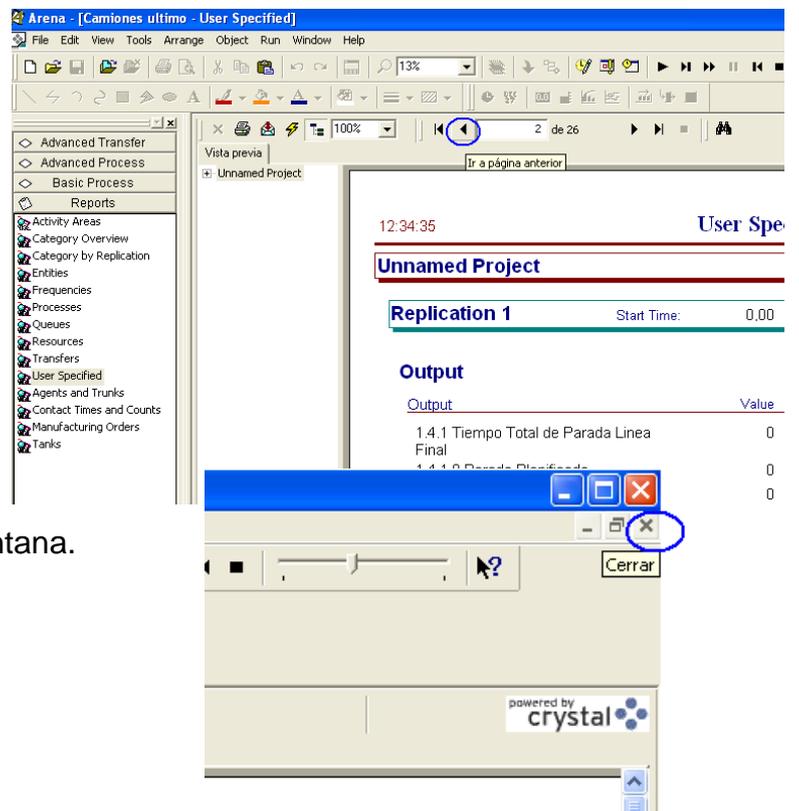


- ❖ Haga click en la opción **Ir a Pagina Siguiente**, tantas veces como sea necesario, hasta visualizar la lista de los resultados de interés.

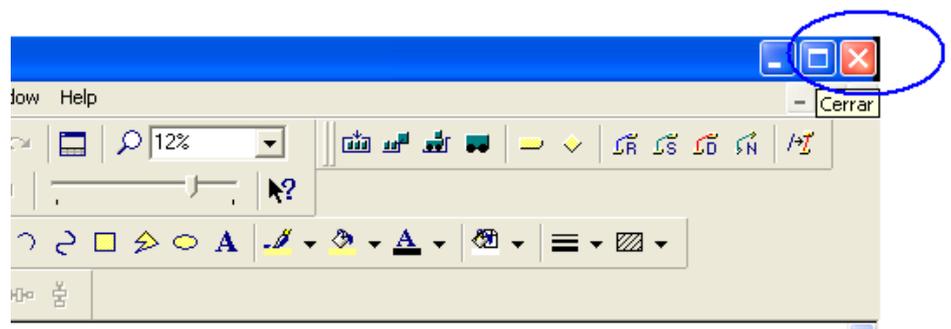


Nota: En caso contrario que desee retornar a la página anterior, haga click en la opción **Ir a Pagina Anterior**, tantas veces como sea necesario.

- ❖ Haga click sobre la opción **Cerrar**, para cerrar dicha ventana.



Nota: Para cerrar el modelo haga click en la opción **Cerrar**.





Nota: Si tiene alguna sugerencia sobre este trabajo o sobre el manual de instrucciones, puede contactarnos a través de los siguientes correos electrónicos:

freyatovar@yahoo.es; freyaxtovar@hotmail.com

lsramos_2@hotmail.com; alfredo_ls2@yahoo.com

agime001@cantv.net



CONCLUSIONES

En función del estudio realizado y tomando en consideración los objetivos planteados, se puntualizaran conclusiones de tipo metodológicas y conclusiones relacionadas con el análisis específico del estudio.

Entre las conclusiones de tipo metodológicas se tienen:

1. A partir de las etapas de una Cadena de Suministro (Demanda, Inventario y Producción), se pueden crear simuladores que se adapten fácilmente a cualquier tipo de organización manufacturera, en el cual se represente el proceso de producción de la misma, con todas las variables involucradas y la flexibilidad necesaria para adaptarse a los diferentes comportamientos de demanda.
2. En el instante de producir con más de un tipo de producto, es necesario utilizar reglas de prioridad para secuenciar los pedidos, así mismo, se pueden utilizar dos o más de las reglas, con el fin de ser más preciso al momento de seleccionar qué se produce primero.
3. El análisis de la demanda permitió enfatizar que los clientes manifiestan sus necesidades de productos y/o servicios a través de la demanda y por ello, son los encargados de activar el sistema productivo de una empresa, el cual hace pensar en la frase *“Si no hay Demanda, No hay Empresa”*.
4. Para las variables de entrada de un sistema perteneciente a una empresa en particular, será necesario recopilar información a través de las diferentes técnicas de recolección (fuentes históricas, muestreo, entre otros), con el fin de adquirir los datos necesarios, luego analizarlos e ingresarlos en el modelo que se estudie.
5. Las variables de control que se utilicen para la validación de un modelo, deben seleccionarse en base a su participación e importancia en el



sistema, para no tener exceso de variables en el análisis y evitar posibles enredos en la selección de la mejor política.

Entre las conclusiones relacionadas con el análisis específico del estudio, se tienen:

1. A pesar de las limitantes que se presentaron en el desarrollo de los diferentes escenarios, en cuanto al software utilizado, se lograron resultados positivos en la validación del mismo; pues si bien no se pudieron utilizar datos reales de demanda y producción, los datos hipotéticos utilizados, arrojaron valores lógicos que hicieron válido cada escenario de los modelos estudiados, permitiendo medir la efectividad de los mismos (esto es lo que se conoce como validez facial o aparente)
2. Los indicadores de gestión son una herramienta valiosa pues a través de ellos, se pueden evaluar la magnitud y eficiencia de variables con el fin de tomar acciones correctivas de una situación. Y en este trabajo se utilizaron dos (capacidad productiva y satisfacción del cliente), y bajo los cuales se pudo seleccionar el mejor escenario de producción.
3. Para la selección del mejor escenario de producción, se necesitan las variables de entrada Tiempo entre Llegada, Demanda y Tiempo de Puesta a Punto.
4. El análisis de sensibilidad a través del parámetro Tiempo entre Llegada, permitió concretar que el Escenario N° 8 continuó siendo el mejor escenario de producción para un sistema contrapedido.
5. Cuando se utilizan parámetros de:
 - a. Tiempo entre Llegada: Normal (210, 5) minutos,
 - b. Demanda A: Uniforme (50,90) unidades,
 - c. Demanda B: Uniforme (35, 60) unidades,
 - d. Demanda C: Uniforme (15, 40) unidades,



- e. Inventario a la Mano del Producto Tipo A: 400 unidades,
- f. Inventario a la Mano del Producto Tipo B: 350 unidades,
- g. Inventario a la Mano del Producto Tipo C: 300 unidades y
- h. Tiempo de Puesta a Punto: Uniforme (12,20) minutos.

El mejor sistema bajo producción continua es el **Escenario N° 5 Venta Inmediata o Diferida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando la Regla de Prioridad el menor Tiempo de Entrega**, arrojando una Satisfacción del Clientes de 98,03%, una Producción Total de 69.202 unidades y un inventario de 975 unidades.

6. Cuando se utilizan parámetros de:

- Tiempo entre Llegada: Normal (210, 5) minutos,
- Demanda A: Uniforme (50,90) unidades,
- Demanda B: Uniforme (35, 60) unidades,
- Demanda C: Uniforme (15, 40) unidades,
- Inventario a la Mano del Producto Tipo A: 400 unidades,
- Inventario a la Mano del Producto Tipo B: 350 unidades,
- Inventario a la Mano del Producto Tipo C: 300 unidades y
- Tiempo de Puesta a Punto: Uniforme (12,20) minutos.

El mejor sistema bajo producción contrapedido es el **Escenario N° 8 Venta Programada bajo un sistema de Producción bajo Pedido utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO)**, arrojando una Satisfacción del Clientes de 100% y una Producción Total de 38.663 unidades.

7. Desde el punto de vista académico, este trabajo ayudará a los estudiantes de las asignaturas Producción I y Producción II, pues permitirá tener una visión conjunta de las etapas que forman parte de la Cadena de Suministro y adicionalmente podrán saber como se simulan los mismos a través del Software Arena.



8. Desde el punto de vista profesional, permitió tener un enfoque más completo en lo referente a la Cadena de Suministro, pues se representa el sistema Demanda-Inventario-Producción-Fallas, permitiendo fortalecer los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

9. El manual de instrucciones ayudará a comprender mejor los modelos simulados, permitiendo al usuario utilizar e interpretar el modelo sin mayores complicaciones, tales como: cambios que se pueden presentar en los modelos y como incorporarlos en los mismos.



RECOMENDACIONES

En función de las conclusiones derivadas de este estudio se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Mejorar los sistemas de empresas manufactureras, adaptando los modelos presentados en este Trabajo Especial de Grado a los procesos productivos de dichas empresas, aprovechando la herramienta de simulación.
2. Verificar y validar el comportamiento de las variables de entrada en cada escenario, con el uso de parámetros reales de una empresa en particular y así, evaluar el mejor escenario de producción.
3. El hecho que el Escenario N° 8 (Venta Programada bajo un sistema de Producción bajo Pedido utilizando la Regla de Prioridad Primero en entrar, primero en salir (FIFO)) de acuerdo al sistema bajo producción continua, haya sido el mejor; no se debe olvidar que este estudio es meramente ilustrativo, pues no se tienen datos reales de una empresa en particular.
4. Realizar un estudio desde el punto de vista económico, que permita determinar la rentabilidad de los escenarios planteados adaptados a una empresa en particular.
5. Utilizar la simulación para comprobar a parte de sistemas de manufactura, fórmulas y/o algoritmos planteados en libros de texto.
6. Realizar otro estudio considerando al detalle, las diversas políticas de inventario presentes en una empresa manufacturera, evaluarlas con la demanda para obtener la mejor política de Inventario de acuerdo a una demanda en particular, y así, ambos trabajos ayudaran a complementar la visión del estudiante en cuanto a la evaluación conjunta de las etapas de la Cadena de Suministro (Demanda, Inventario y Producción).



7. Se recomienda entrenarse en el uso de la simulación con el Software Arena, a través de clases, cursos, entre otros; relacionarlas con otros sistemas (manufactura, servicios, actividades personales, etc.) con el fin de aprovechar mejor la herramienta.
8. Utilizar el manual de instrucciones, para asegurarse que se introduzcan los datos correctamente así como, para saber cómo realizar cambios en los escenarios y de esta manera se evitará tener errores en los mismos.
9. Se recomienda utilizar pronósticos de demanda conjuntamente con escenarios de producción continua bajo la regla de prioridad menor tiempo de entrega, monitoreando los inventarios de productos terminados y manejando la filosofía de Justo a Tiempo.
10. Utilizar los modelos desarrollados para experimentar con otras variantes y comprobar la efectividad de las mismas, evaluando las posibles fallas y de esta manera, tomar acciones correctivas, capaces de mejorar el funcionamiento de los sistemas planteados, antes de aplicarlos al sistema real.
11. Incentivar a los estudiantes de Ingeniería para que utilicen la simulación en sus Trabajos Especiales de Grado, por ser ésta una herramienta de amplia aplicación, de igual manera continuar con el desarrollo de proyectos integrados por estudiantes y profesores prestando servicios a empresas interesadas en dicha herramienta.



BIBLIOGRAFÍA

1. ACEVEDO, Nerio. **"Inventarios"**, Caracas Venezuela. [Documento en línea], Disponible en: www.monografias.com/cgi-bin/search.cgi?
2. AMENDOLA, Luís (2003). **"Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento"**. [Documento en línea], Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/propulsores.asp>.
3. BALESTRINI, Miriam (1998). **"Cómo se Elabora el Proyecto de Investigación"**, Caracas, BL Consultores Asociados, Segunda Edición.
4. BAYCE, Cecilia (2001), **"Ausentismo laboral en el personal de enfermería del Sanatorio Canzani"**. Tesis para obtener el grado de Licenciada en Enfermería.
5. BITTAR, Jorge E. **"Contribuciones a la Economía"**. [página en Internet]; [actualizada 2006; citada Noviembre de 2006]. [Documento en línea].
6. BONGJU Jeong, HO-SANG Jung, NAM-KYU Park (2002). A computerized causal forecasting system using genetic algorithms in supply chain management.
7. CALA, Yohana y JIMÉNEZ, Larry (2006). **"Diseño de un Simulador para el Área de Pintura de una Empresa Ensambladora Automotriz" (Caso: General Motors de Venezuela C.A.)**, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.
8. CARVAJAL, Gabriel. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Matemáticas. Primer Congreso Nacional Multidisciplinario.



9. COLMENARES, Eleazar (2006). **“Propuesta de Mejoras en el Sistema de Distribución de Productos (Caso: Pepsi-Cola C.A. Agencia Valencia)”**, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.
10. CORONEL, Hazel y OROZCO, Elimar (2006). **“Diseño de un Modelo de Simulación para Determinar el Numero de Secciones que se Deben Ofertar por Materia en un Semestre”**, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.
11. CHASE, R., JACOBS, F., AQUILANO, N. (2004). **“Administración de la Producción y Operaciones para una Ventaja Competitiva”**. 10ª edición. Editorial MC Graw Hill. México.
12. CHAUVEL, A. M., (2002). **Administración de la Producción**, Mc. Graw Hill.
13. DANATRO, Daniel (1997), **“Ausentismo laboral de causa médica en una institución pública”**, Revista Médica del Uruguay, Vol. 2, 1997.
14. Del sitio web de la American Marketing Association: MarketingPower.com, sección Dictionary of Marketing Terms, Disponible en: <http://www.marketingpower.com/>.
15. DOMÍNGUEZ, Machuca (1995). **“Dirección de Operaciones”**. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Mc Graw Hill, Madrid.
16. DOMINGUEZ, Miguel; ALVAREZ, María José; GARCIA, Santiago y RUIZ, Antonio (1995). **“Dirección de Operaciones”**. Mc Graw Hill, España.
17. FÁBREGAS, Aldo; WADNIPAR, Rodrigo; PATERNINA, Carlos y MANCILLA, Alfonso (2007). **“Simulación de Sistemas Productivos”**. Ediciones Uninorte. Barranquilla, Colombia.



18. FERNÁNDEZ, Humberto y MARTÍNEZ, Cecilia (2007). **"Determinación del Número de Unidades de Transporte Necesarias para Satisfacer la Demanda de Estudiantes en las Rutas: Centro-UC y UC-Centro de la Universidad de Carabobo"**, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.
19. FILDES, R; HASTINGS, R (1995). **"The organization and improvement of market forecasting"**.
20. GANSER, Olga, **"Administración y Gerencia"**, [Documento en línea], Disponible en: www.gestiopolis.com/dirgp/adm/index.htm.
21. GARCIA, Lola. **"Definición de Venta"**. [página en Internet]; [actualizada Agosto 2005; citada Julio 2006]. Disponible en: www.solucioneseficaces.com/ecm.php.
22. GONCALVES, Alexis P. (2004). **"Focalizando los Clientes"**. IGOMEZE-CONSULTORES (Grupo de apoyo en Marketing).
23. GONZALEZ, Jadlyn y OSORIO, Katuska (2005). **"Incremento de la Disponibilidad en el uso de Montacargas en una planta de Alimentos (Caso: Mavesa Alimentos S.A.)"**, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.
24. GIUGNI, Luz; ETTEDGUI, Corina; GONZÁLEZ, Inés y GUERRA, Venturina (2005). **"Evaluación de proyectos de Inversión"**. Universidad de Carabobo, Cuarta Edición, 2005.
25. KOTLER, Philip (1999). **"Marketing"**, Editorial Paidós SAICF.
26. LAW, Averill M, **"Simulation Modeling And Analysis Averill"**, [Documento en línea], Disponible en: www.wiphala.net/courses/SI84/2005-II/index.html.



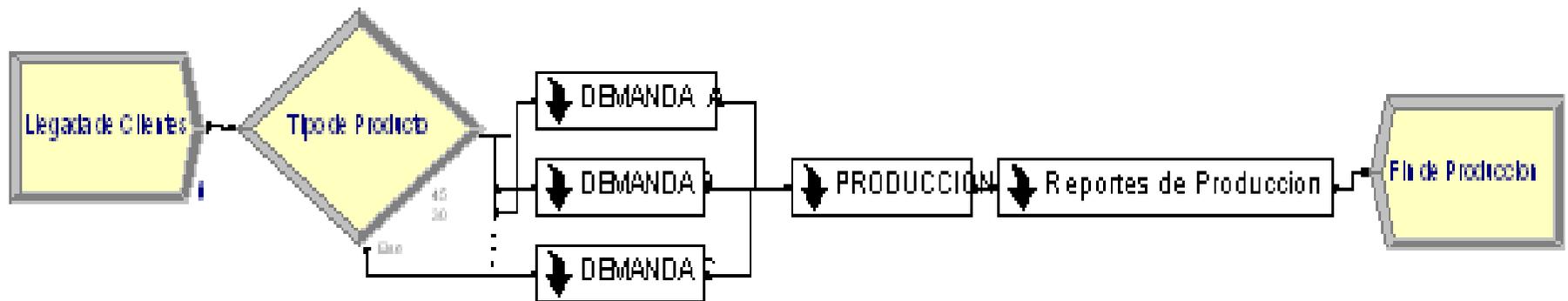
27. MENA, Nicolay, CRUZ LARIO, Francisco y VICENS, Eduardo (2006). **“Planificación de la Demanda en la gestión de la cadena de Suministro con Redes Neuronales y Lógica Difusa”**. [página en internet]; [actualizada 2006; citada 7 de septiembre 2006].
28. MÉNDEZ, Carlos (2001), **“Metodología, Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación”**, Colombia. Mc Graw Hill, Tercera Edición.
29. ROBBINS, Stephen P (2004). **“Comportamiento Organizacional”**, 10^a ed., Ed. Pearson-Prentice Hall.
30. ROMERO, Ricardo, **“Marketing”**, Editora Palmir E.I.R.L., (S/F).
31. SAMANIEGO, Carlos (2006) **“Absentismo, Rotación y Productividad”**, [Documento en línea], Disponible en: www.abacolombia.org.com.
32. SHANNON R.E. (1988), **“Simulación de Sistemas. Diseño, desarrollo e implementación”**, Trillas, México.
33. TARIFA, Enrique E. **“Teoría de Modelos y Simulación”**, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy.
34. TOVAR, Rafael (1975), **“Planeación y Control de Producción”**. Trabajo de Ascenso de Ingeniería Industrial, Universidad de Carabobo, Valencia.
35. TORRES, Giovanni (1998). **“Análisis de Fallas en Máquinas”**. [Documento en línea], Disponible en: www.elotroladodelingeniero.20m.com/cgi-bin/signup.
36. THOMPSON, Ivan. **“Tipos de Clientes”**. [página en Internet]; (citada Julio, 2006)



37. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Vice.Rectorado Académico, Programa de Postgrado (1980). **“Alcances Generales Sobre Técnicas Andragógicas de Aprendizaje”**, Caracas, Universidad Simón Rodríguez.
38. WANKER, Peter, **“Estrategia de Posicionamiento Logístico: Conceptos, Implicaciones y Análisis de la Realidad Brasileña”**, [Documento en línea], Disponible en: www.centrodelogistica.com.br/new/espanhol/fr-estrat2.htm.
39. WORWARD (1995). **“Sistemas Productivos”**, Disponible en: <http://rinconcreativo.com.ar/sistemas>.
40. SODOWSKI, Rondall, **“Simulación with Arena”**. Mc Graw Hill, Segunda Edición, 2002.
41. VOLLMAN, Tomás y BEERRY, William L. **“Planeación y Control de la Producción. Administración de la Cadena de Suministro”**. Mc Graw Hill, Quinta Edición, 2005.

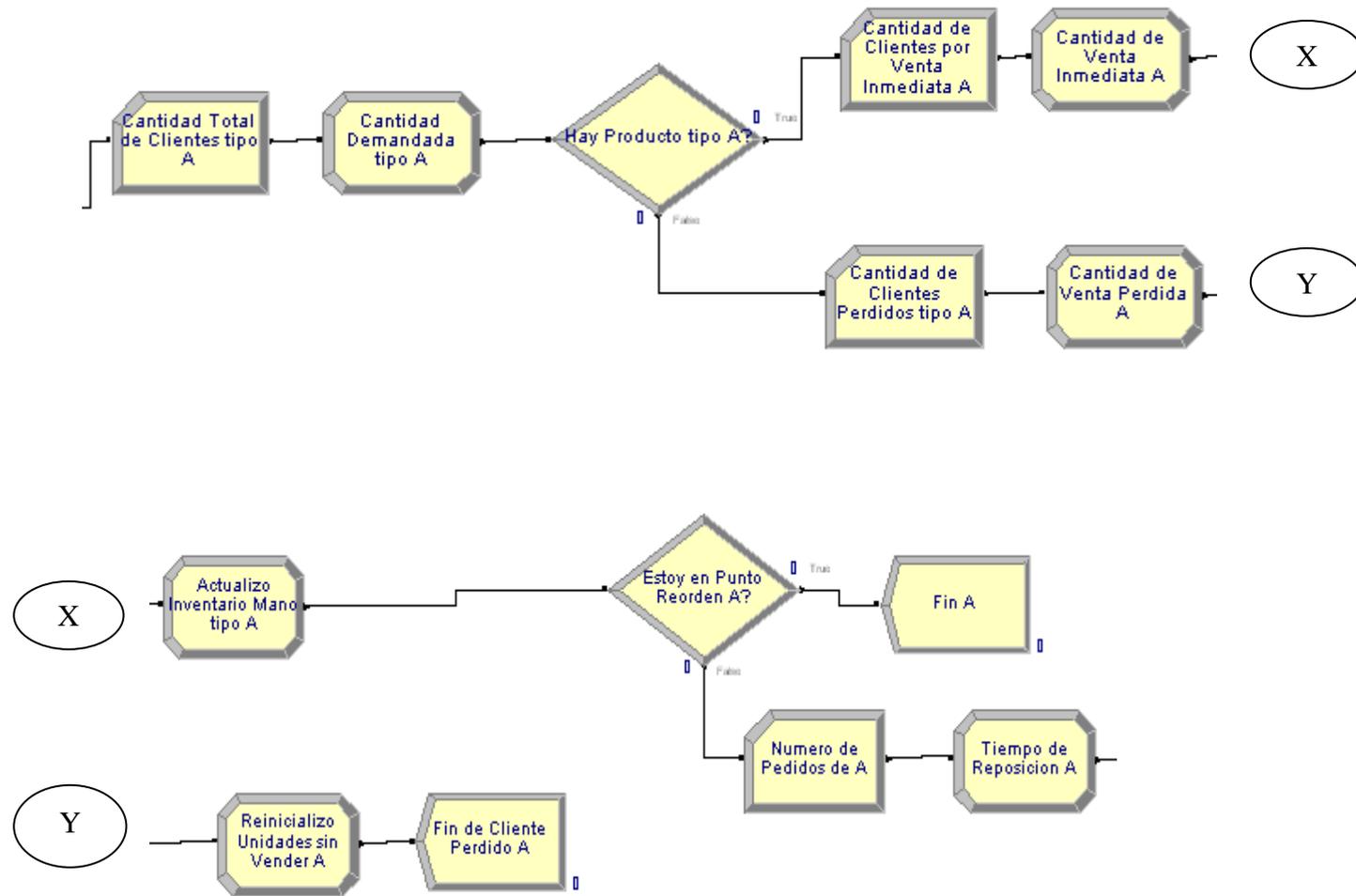


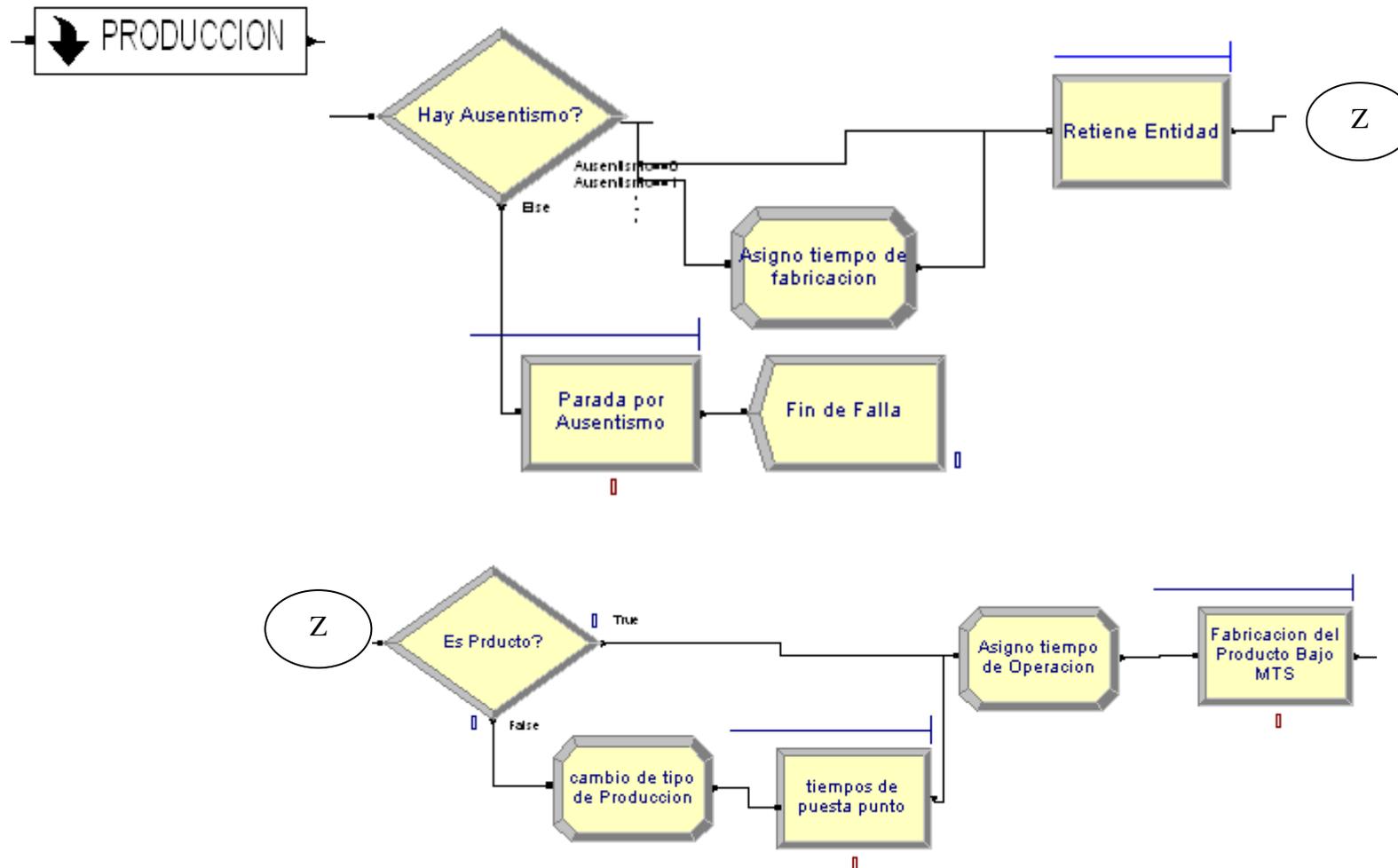
Venta Inmediata o Pérdida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando las Reglas de Prioridad Menor Tiempo de Entrega o Primero en entrar, primero en salir (FIFO).



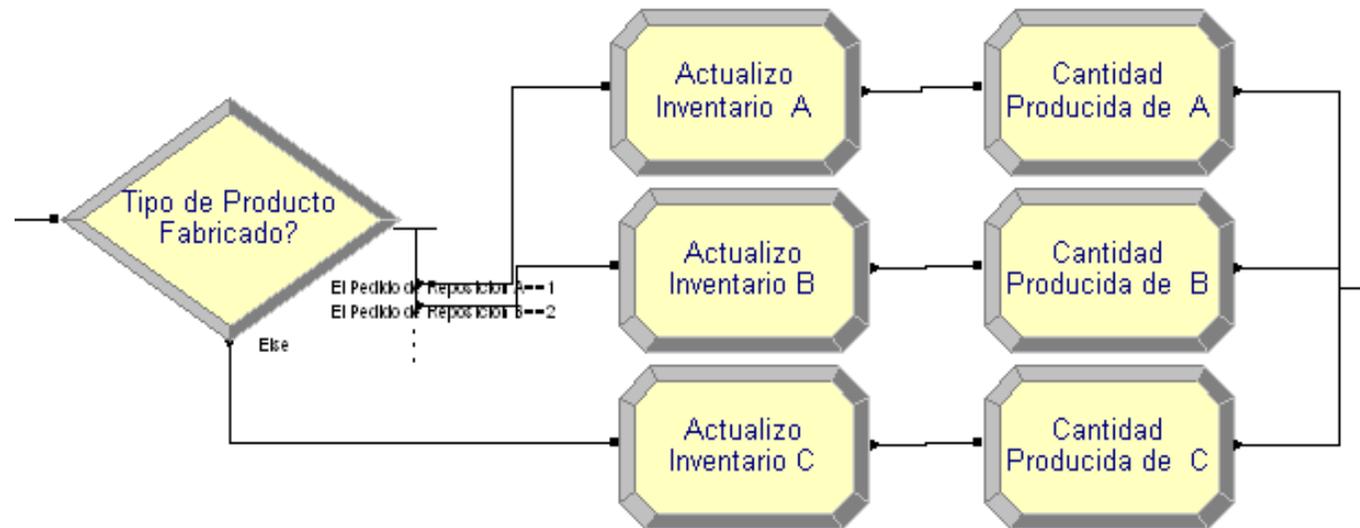


DEMANDA A



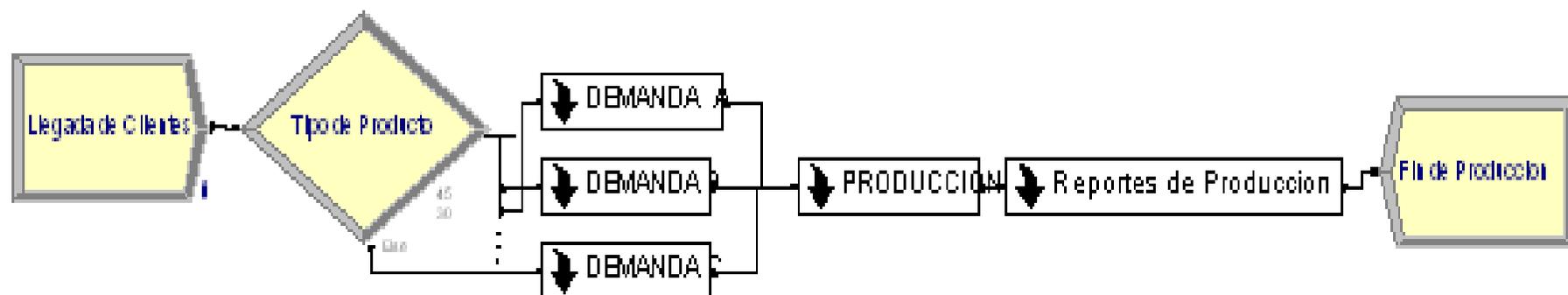


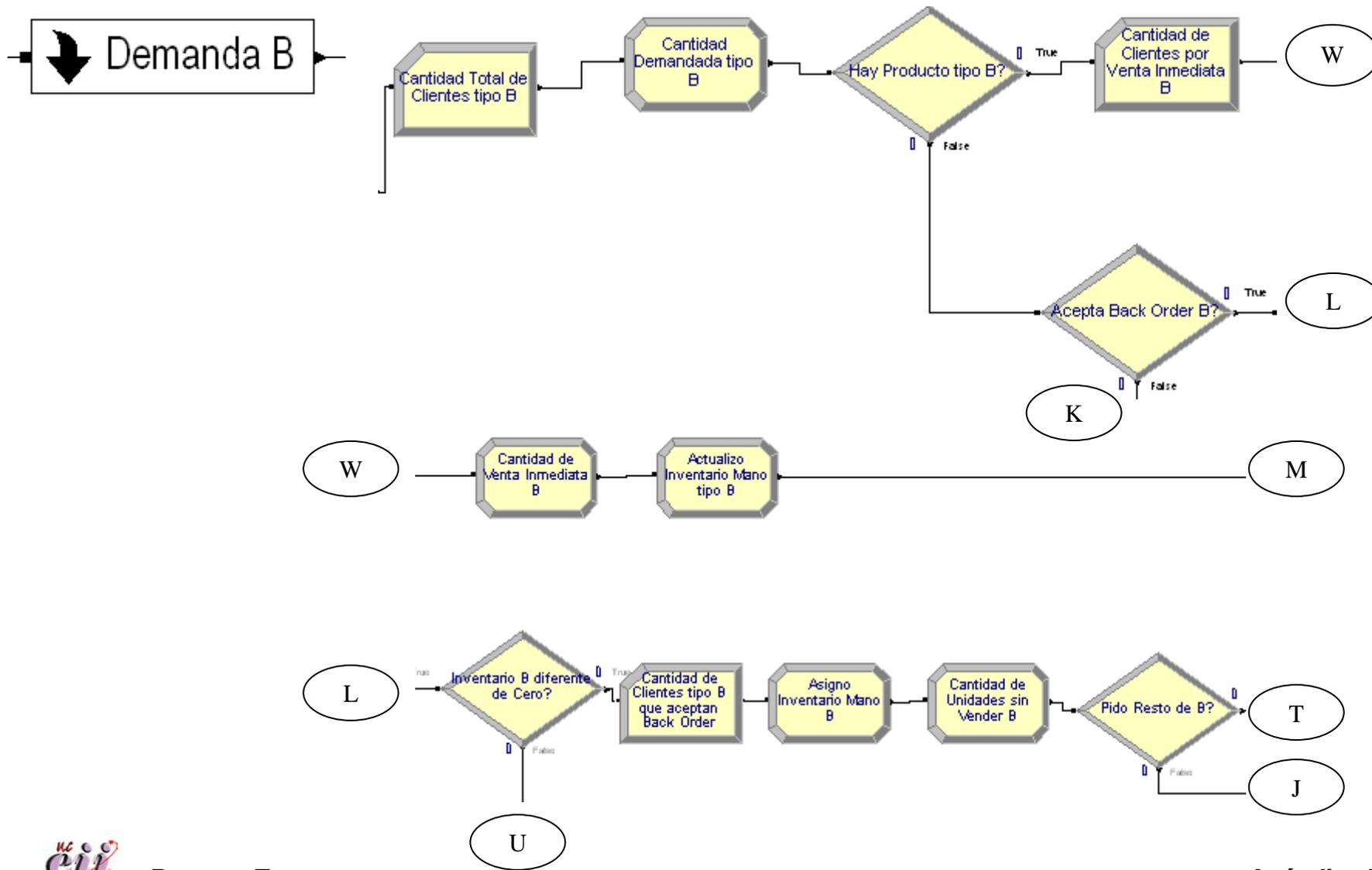
Reportes de Produccion

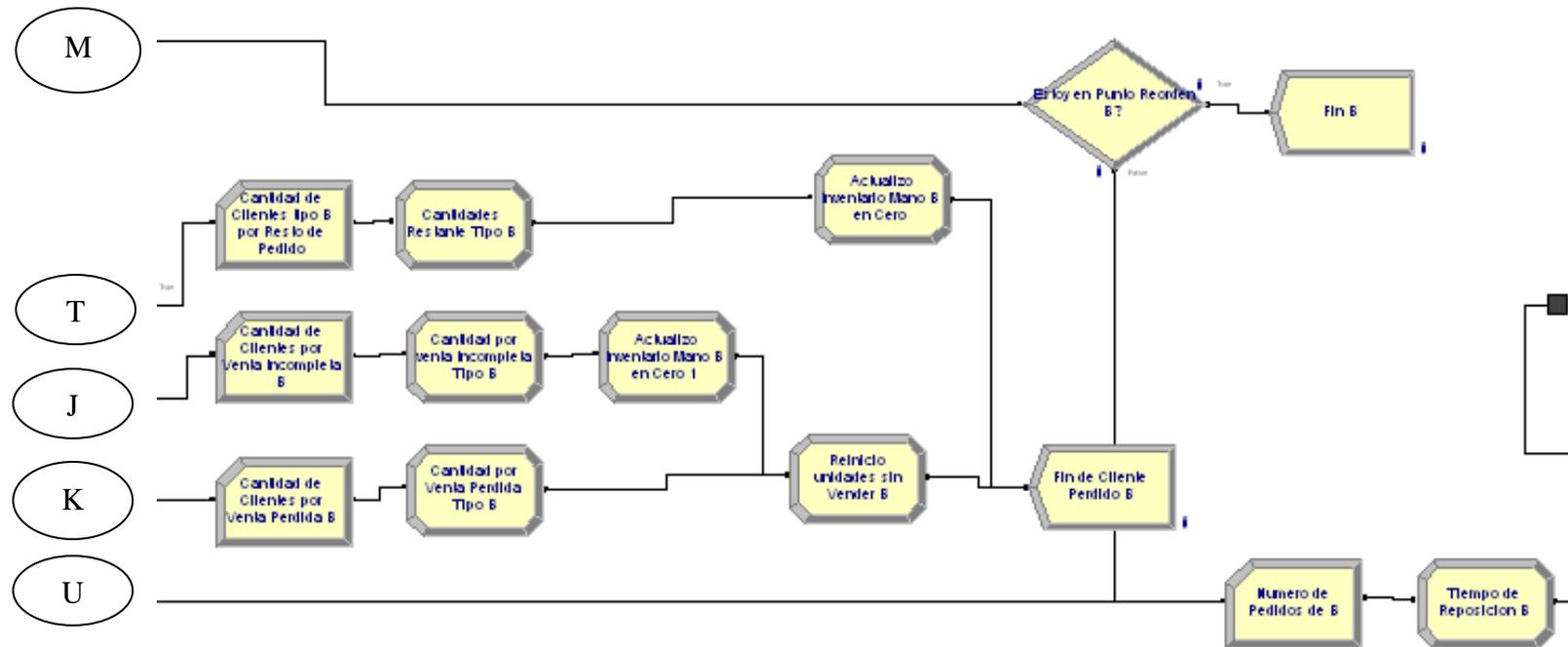




Venta Parcial o Total (Back Order) bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando las Reglas de Prioridad Menor Tiempo de Entrega o Primero en entrar, primero en salir (FIFO)..

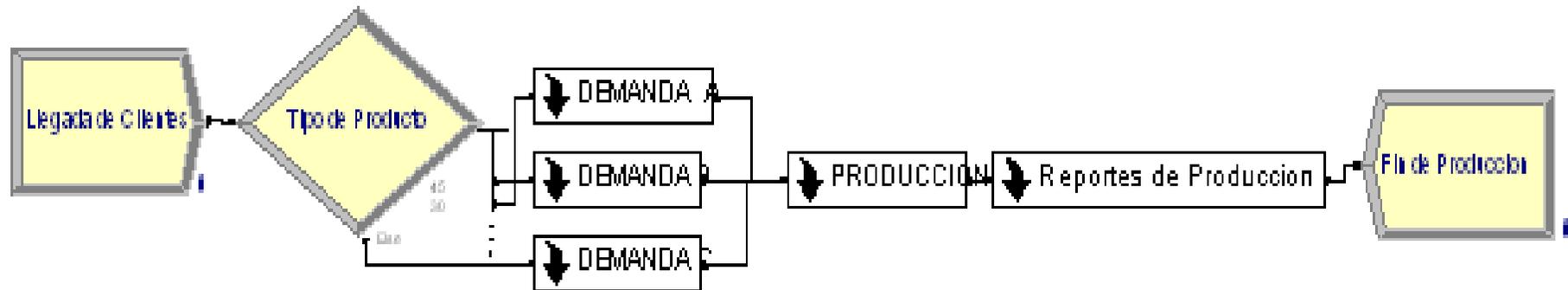


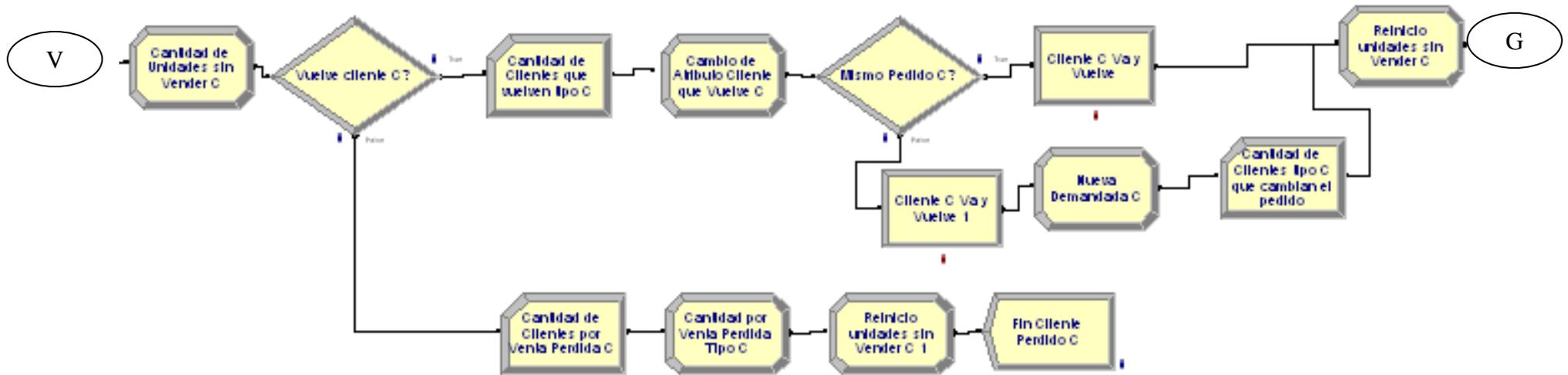
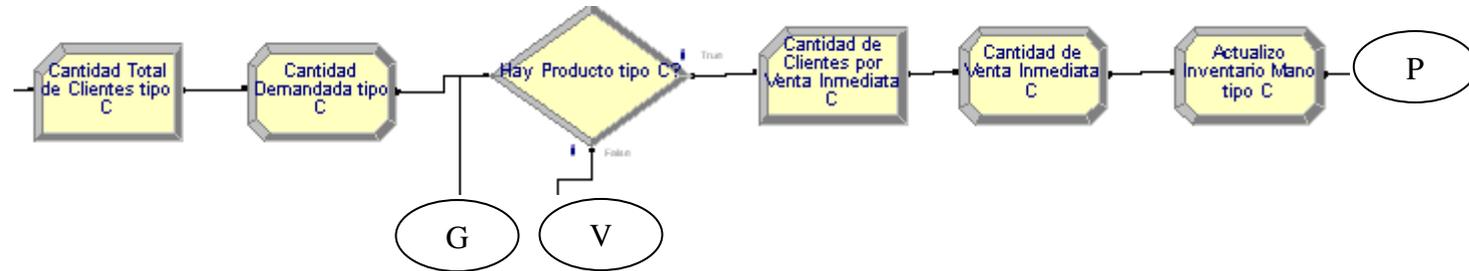
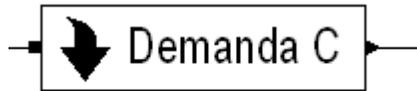


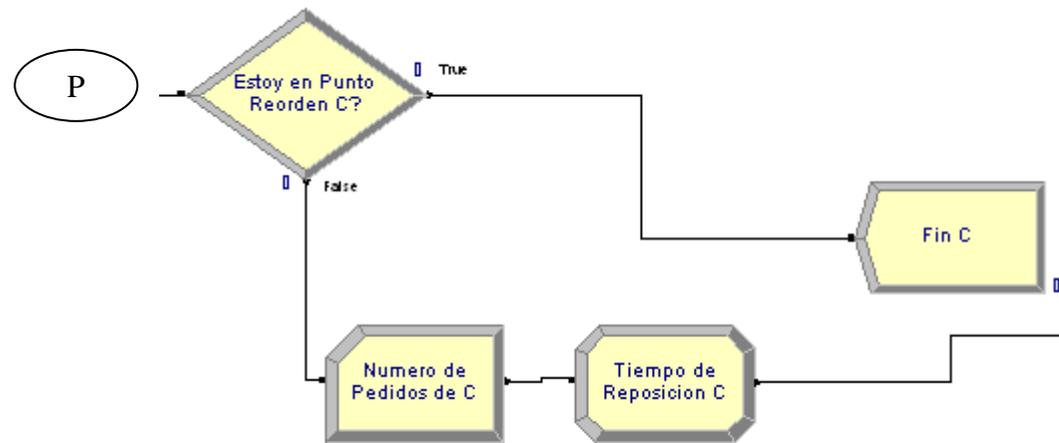




Venta Inmediata o Diferida bajo un Sistema de Producción Continúa y utilizando las Reglas de Prioridad Menor Tiempo de Entrega o Primero en entrar, primero en salir (FIFO).

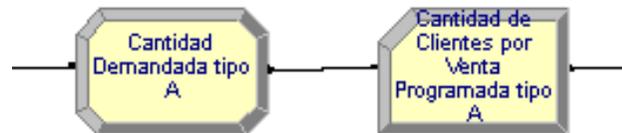
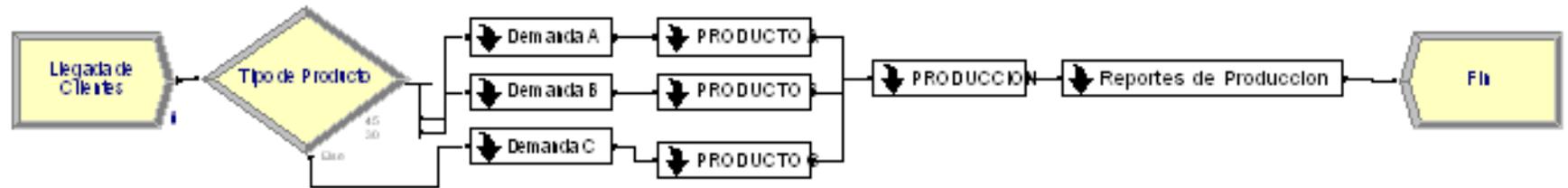


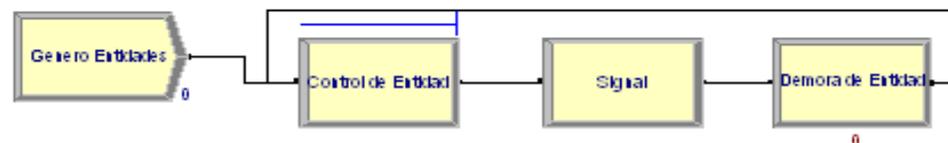
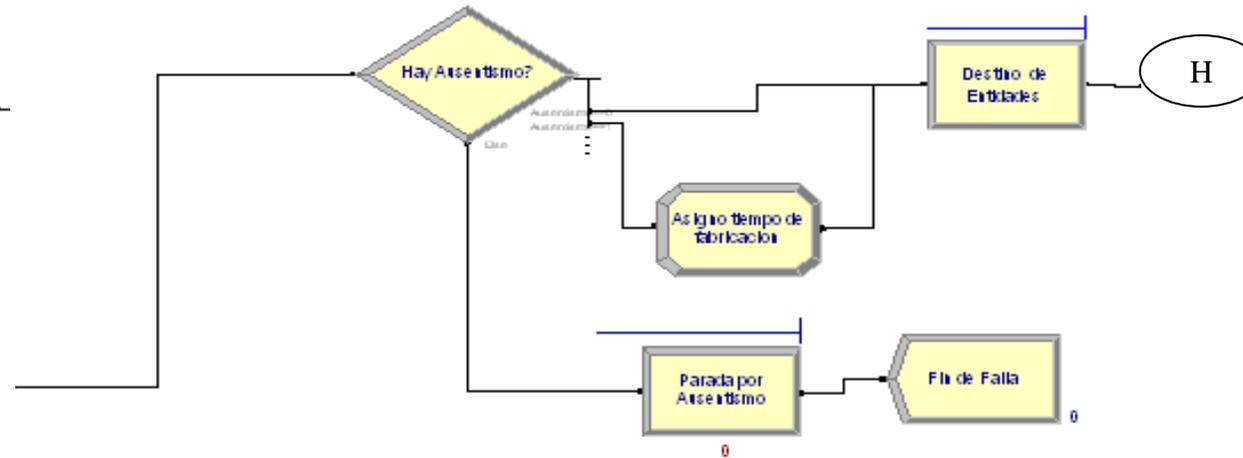
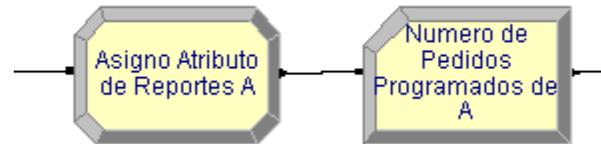


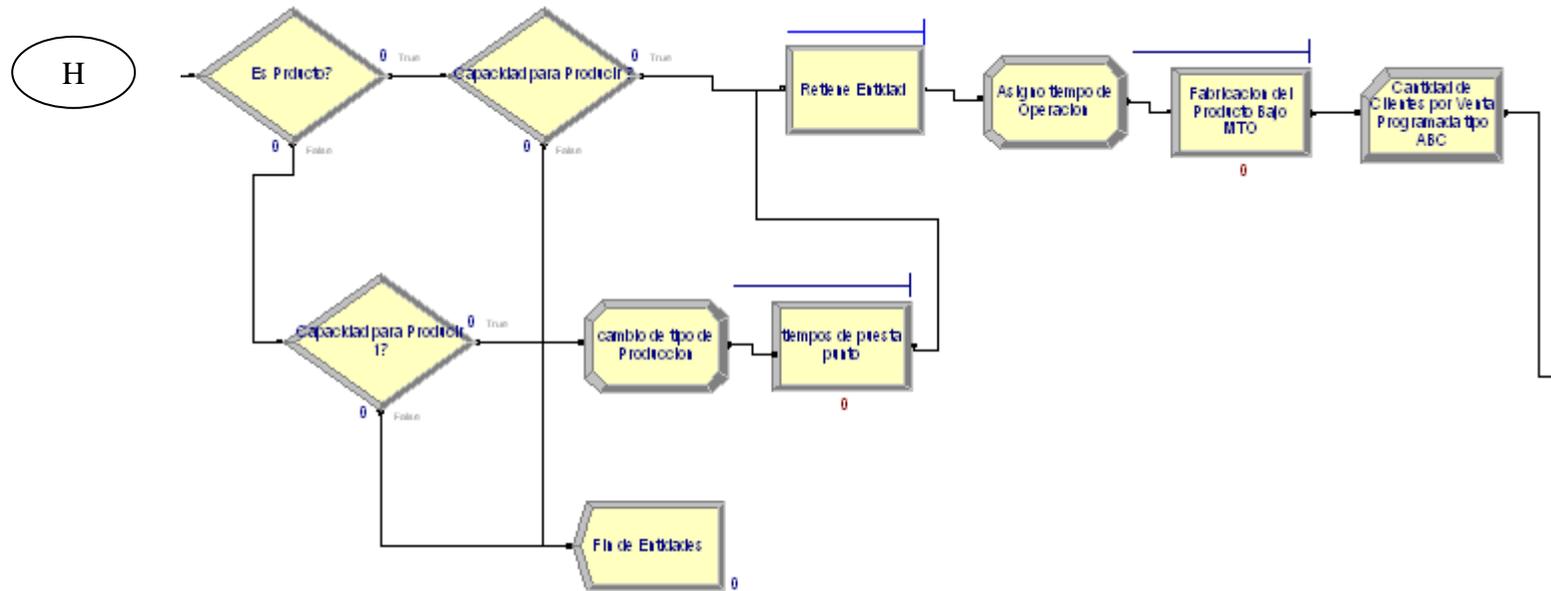




Venta Programada bajo un Sistema de Producción por Pedido y utilizando las Reglas de Prioridad Menor Tiempo de Entrega o Primero en entrar, primero en salir (FIFO).

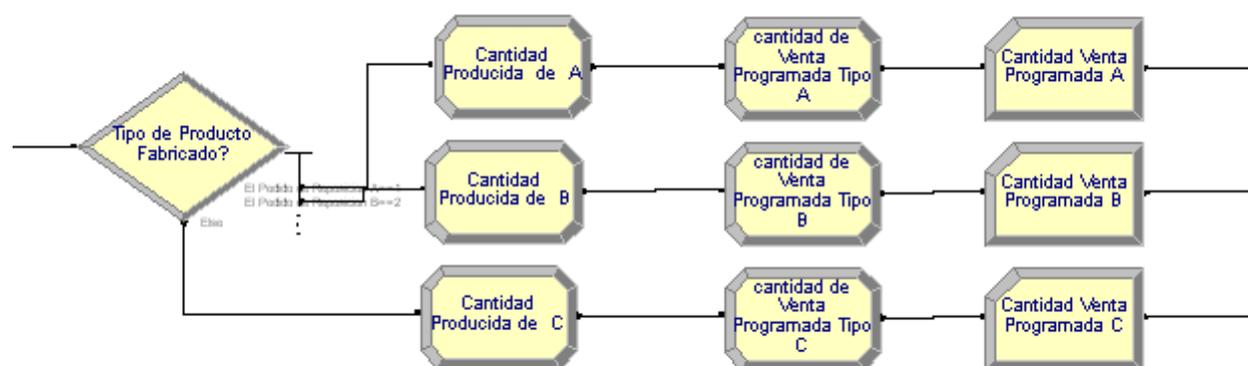








Reportes de Produccion

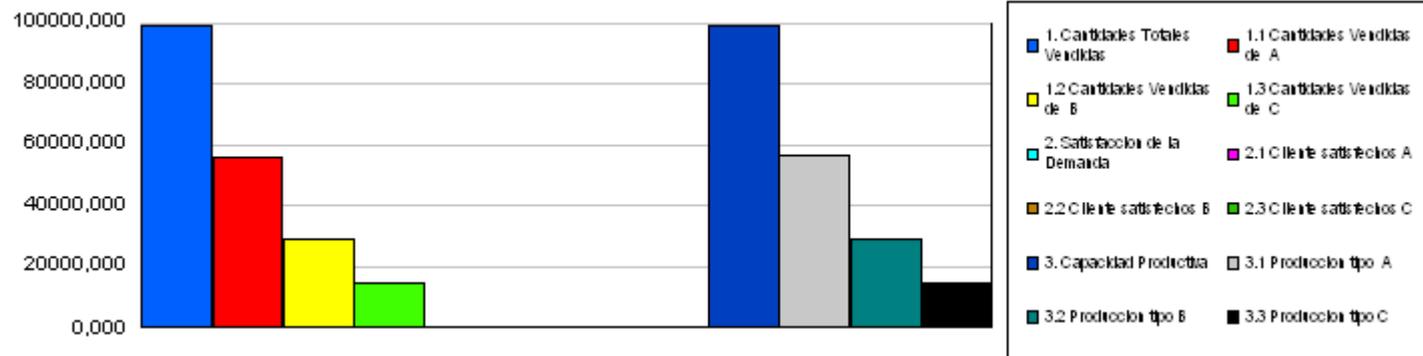


Replications: 5 Time Units: Minutes

User Specified

Output

| Output | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|--------------------------------|----------|------------|-----------------|-----------------|
| 1. Cantidades Totales Vendidas | 99345.60 | 1.331,15 | 97504.30 | 100278.26 |
| 1.1 Cantidades Vendidas de A | 56089.43 | 2.075,12 | 53615.38 | 57754.21 |
| 1.2 Cantidades Vendidas de B | 28919.01 | 1.279,44 | 28009.16 | 30667.98 |
| 1.3 Cantidades Vendidas de C | 14337.16 | 682,89 | 13658.74 | 15034.43 |
| 2. Satisfaccion de la Demanda | 91.7877 | 0,69 | 91.3126 | 92.6380 |
| 2.1 Cliente satisfechos A | 85.3187 | 1,07 | 84.1624 | 86.1322 |
| 2.2 Cliente satisfechos B | 94.9913 | 1,38 | 93.1298 | 95.8395 |
| 2.3 Cliente satisfechos C | 99.62 | 0,35 | 99.21 | 100.00 |
| 3. Capacidad Productiva | 99298.00 | 1.338,87 | 97450.00 | 100230.00 |
| 3.1 Produccion tipo A | 56280.00 | 2.093,79 | 53760.00 | 57960.00 |
| 3.2 Produccion tipo B | 29070.00 | 1.239,63 | 28220.00 | 30770.00 |
| 3.3 Produccion tipo C | 14448.00 | 662,90 | 13800.00 | 15120.00 |

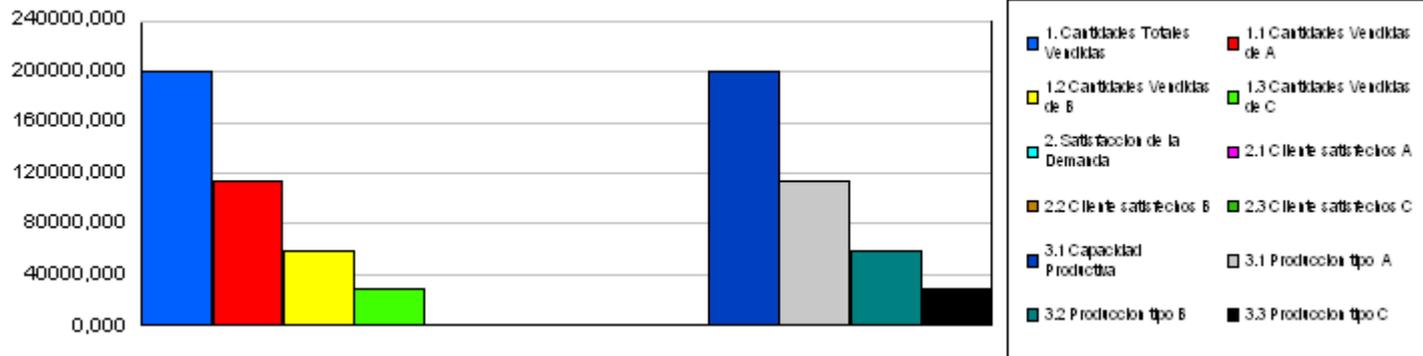


Replications: 5 Time Units: Minutes

User Specified

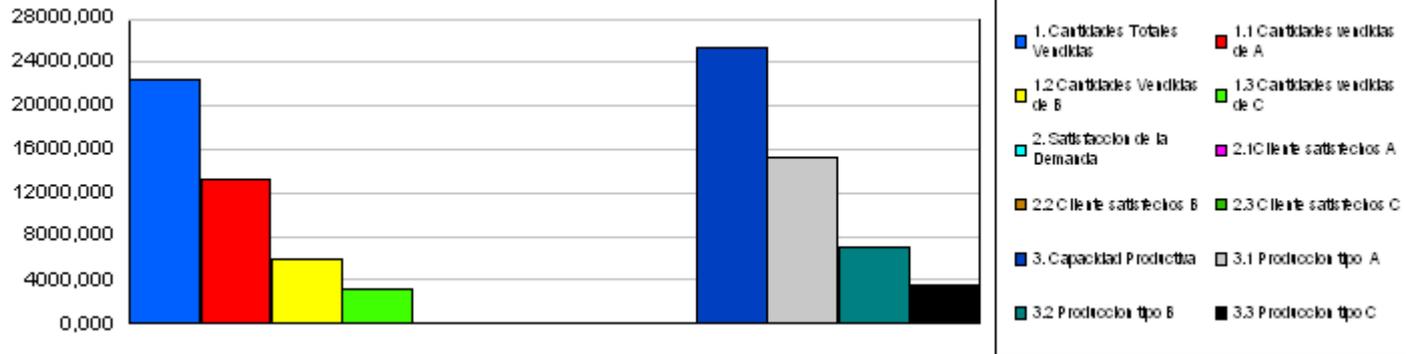
Output

| Output | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|--------------------------------|-----------|------------|-----------------|-----------------|
| 1. Cantidades Totales Vendidas | 200718.83 | 2.326,31 | 197499.82 | 202343.83 |
| 1.1 Cantidades Vendidas de A | 113519.07 | 3.624,02 | 108385.94 | 115344.19 |
| 1.2 Cantidades Vendidas de B | 58012.97 | 2.118,47 | 56460.79 | 59936.25 |
| 1.3 Cantidades Vendidas de C | 29186.80 | 1.489,68 | 27122.87 | 30118.25 |
| 2. Satisfaccion de la Demanda | 91.8460 | 0,43 | 91.5572 | 92.3816 |
| 2.1 Cliente satisfechos A | 85.4004 | 0,85 | 84.6029 | 86.4666 |
| 2.2 Cliente satisfechos B | 94.9121 | 0,57 | 94.5400 | 95.6981 |
| 2.3 Cliente satisfechos C | 99.72 | 0,08 | 99.62 | 99.81 |
| 3.1 Capacidad Productiva | 200672.00 | 2.328,87 | 197480.00 | 202370.00 |
| 3.1 Produccion tipo A | 113694.00 | 3.619,99 | 108570.00 | 115500.00 |
| 3.2 Produccion tipo B | 58174.00 | 2.102,03 | 56610.00 | 60010.00 |
| 3.3 Produccion tipo C | 29304.00 | 1.414,88 | 27360.00 | 30240.00 |



Replications: 5 Time Units: Minutes

User Specified

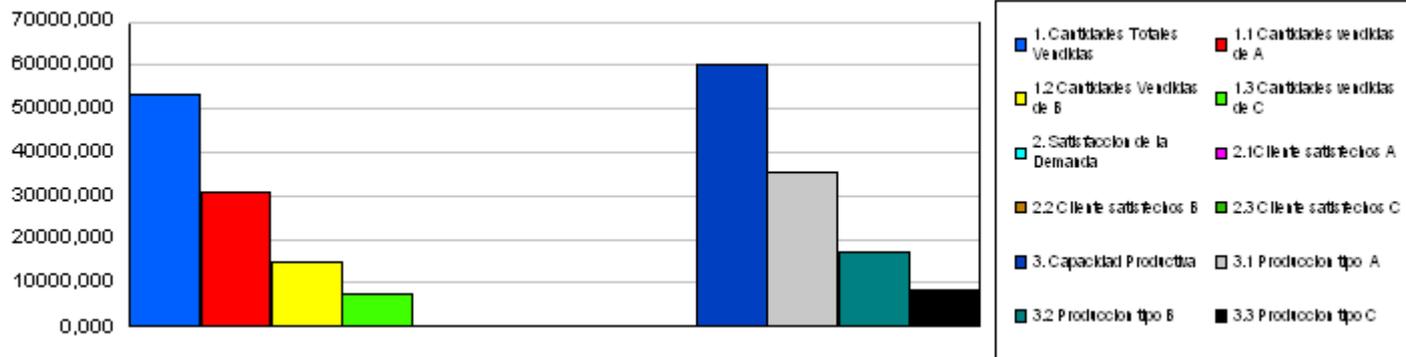


Output

| Output | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|--------------------------------|----------|------------|-----------------|-----------------|
| 1. Cantidades Totales Vendidas | 22346.55 | 830,62 | 21514.28 | 23367.30 |
| 1.1 Cantidades vendidas de A | 13318.71 | 804,58 | 12712.05 | 14412.68 |
| 1.2 Cantidades Vendidas de B | 5978.34 | 503,11 | 5447.30 | 6520.24 |
| 1.3 Cantidades vendidas de C | 3098.73 | 176,94 | 2943.87 | 3277.71 |
| 2. Satisfaccion de la Demanda | 45.5714 | 1,73 | 43.4100 | 47.0772 |
| 2.1 Cliente satisfechos A | 43.2503 | 1,88 | 41.5909 | 44.8498 |
| 2.2 Cliente satisfechos B | 44.8659 | 3,85 | 40.6897 | 47.9592 |
| 2.3 Cliente satisfechos C | 51.0667 | 1,64 | 49.5614 | 53.1532 |
| 3. Capacidad Productiva | 25326.00 | 996,06 | 24230.00 | 26450.00 |
| 3.1 Produccion tipo A | 15246.00 | 836,71 | 14700.00 | 16380.00 |
| 3.2 Produccion tipo B | 7004.00 | 457,54 | 6460.00 | 7480.00 |
| 3.3 Produccion tipo C | 3576.00 | 194,24 | 3360.00 | 3720.00 |

Replications: 5 Time Units: Minutes

User Specified



Output

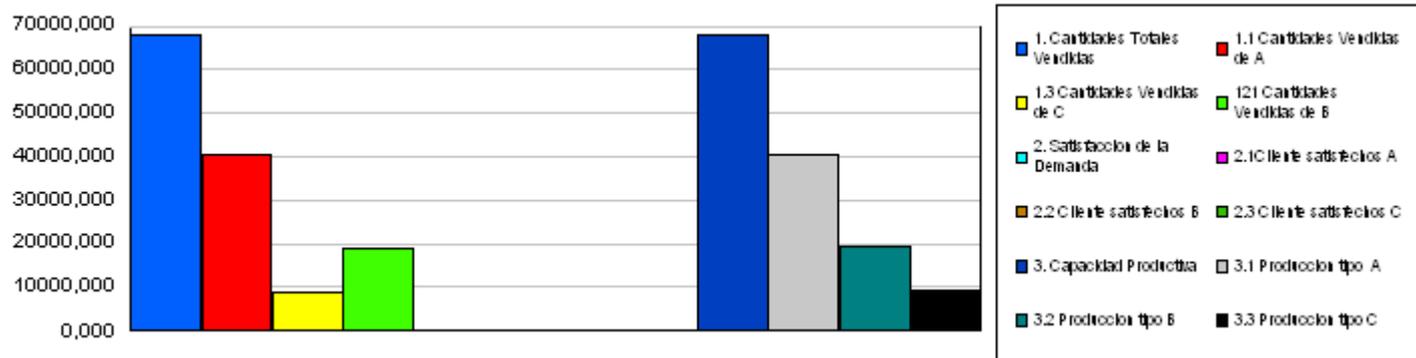
| Output | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|--------------------------------|----------|------------|-----------------|-----------------|
| 1. Cantidades Totales Vendidas | 53424.05 | 1.766,88 | 50996.33 | 54652.18 |
| 1.1 Cantidades vendidas de A | 30918.20 | 1.591,46 | 28943.67 | 32487.08 |
| 1.2 Cantidades Vendidas de B | 14944.30 | 1.145,59 | 14241.26 | 16519.89 |
| 1.3 Cantidades vendidas de C | 7615.96 | 487,58 | 6981.02 | 8001.94 |
| 2. Satisfaccion de la Demanda | 45.1130 | 0,96 | 43.9983 | 46.0078 |
| 2.1 Cliente satisfechos A | 42.1941 | 1,49 | 40.8085 | 43.7853 |
| 2.2 Cliente satisfechos B | 44.8116 | 2,10 | 43.1373 | 47.5995 |
| 2.3 Cliente satisfechos C | 51.1009 | 0,97 | 49.9096 | 52.0000 |
| 3. Capacidad Productiva | 60452.00 | 1.769,24 | 57980.00 | 61570.00 |
| 3.1 Produccion tipo A | 35238.00 | 1.642,67 | 33180.00 | 36750.00 |
| 3.2 Produccion tipo B | 17170.00 | 1.155,96 | 16320.00 | 18700.00 |
| 3.3 Produccion tipo C | 8544.00 | 509,58 | 7920.00 | 9000.00 |

Replications: 5 Time Units: Minutes

User Specified

Output

| Output | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|--------------------------------|----------|------------|-----------------|-----------------|
| 1. Cantidades Totales Vendidas | 68229.11 | 383,93 | 67760.09 | 68531.20 |
| 1.1 Cantidades Vendidas de A | 40280.62 | 1.390,69 | 38406.53 | 41345.03 |
| 1.3 Cantidades Vendidas de C | 8984.21 | 412,32 | 8646.02 | 9526.23 |
| 121 Cantidades Vendidas de B | 19020.54 | 1.044,87 | 18261.89 | 20453.38 |
| 2. Satisfacción de la Demanda | 98.0253 | 0,27 | 97.7238 | 98.3295 |
| 2.1 Cliente satisfechos A | 96.6832 | 0,39 | 96.2898 | 97.1138 |
| 2.2 Cliente satisfechos B | 98.4600 | 0,41 | 97.8972 | 98.7080 |
| 2.3 Cliente satisfechos C | 99.94 | 0,17 | 99.70 | 100.00 |
| 3. Capacidad Productiva | 68152.00 | 414,12 | 67620.00 | 68440.00 |
| 3.1 Producción tipo A | 40404.00 | 1.481,68 | 38430.00 | 41580.00 |
| 3.2 Producción tipo B | 19176.00 | 1.027,44 | 18360.00 | 20570.00 |
| 3.3 Producción tipo C | 9072.00 | 402,51 | 8760.00 | 9600.00 |

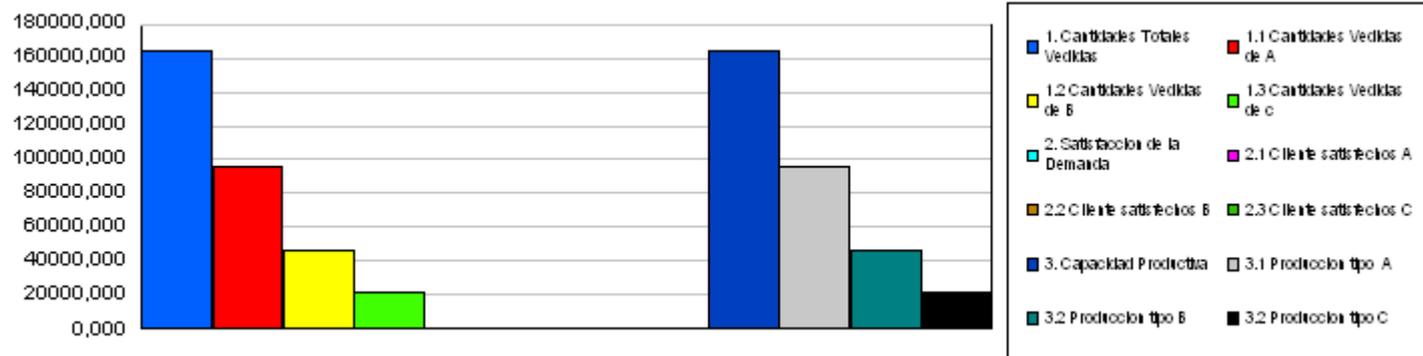


Replications: 5 Time Units: Minutes

User Specified

Output

| Output | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|--------------------------------|-----------|------------|-----------------|-----------------|
| 1. Cantidades Totales Vendidas | 164344.87 | 736,20 | 163614.94 | 165099.13 |
| 1.1 Cantidades Vendidas de A | 95721.29 | 2.179,59 | 94391.23 | 98786.44 |
| 1.2 Cantidades Vendidas de B | 46716.95 | 1.929,05 | 44009.45 | 47743.24 |
| 1.3 Cantidades Vendidas de c | 21930.55 | 715,03 | 20992.85 | 22395.17 |
| 2. Satisfacción de la Demanda | 98.2403 | 0,54 | 97.7925 | 98.9281 |
| 2.1 Cliente satisfechos A | 96.7468 | 1,22 | 95.6552 | 98.2709 |
| 2.2 Cliente satisfechos B | 98.9958 | 0,58 | 98.5612 | 99.67 |
| 2.3 Cliente satisfechos C | 100.00 | 0,00 | 100.00 | 100.00 |
| 3. Capacidad Productiva | 164388.00 | 716,26 | 163740.00 | 165090.00 |
| 3.1 Produccion tipo A | 95970.00 | 2.235,10 | 94710.00 | 99120.00 |
| 3.2 Produccion tipo B | 46886.00 | 2.021,01 | 44030.00 | 47940.00 |
| 3.2 Produccion tipo C | 22032.00 | 679,43 | 21120.00 | 22440.00 |

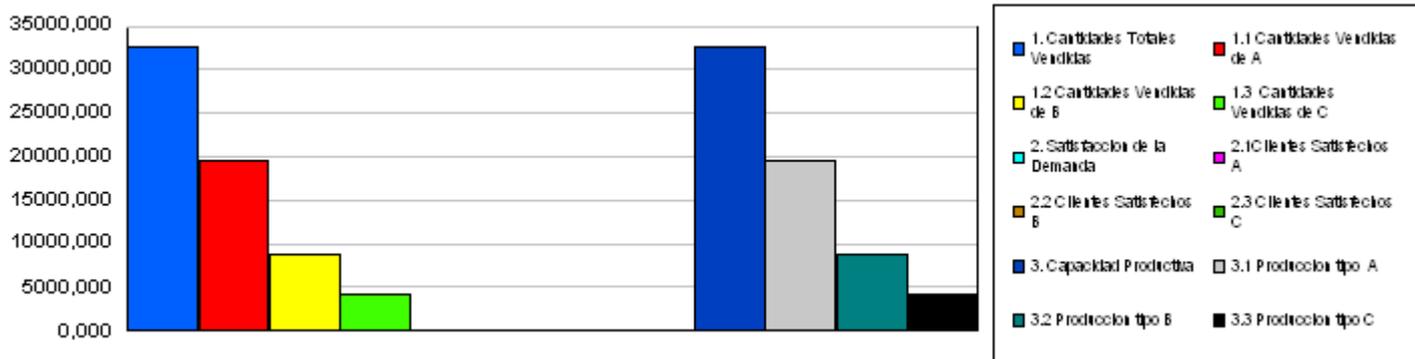


Replications: 5 Time Units: Minutes

User Specified

Output

| Output | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|--------------------------------|----------|------------|-----------------|-----------------|
| 1. Cantidades Totales Vendidas | 32535.29 | 560,67 | 31789.87 | 32882.83 |
| 1.1 Cantidades Vendidas de A | 19573.52 | 975,04 | 18241.49 | 20238.19 |
| 1.2 Cantidades Vendidas de B | 8843.11 | 355,76 | 8521.43 | 9282.22 |
| 1.3 Cantidades Vendidas de C | 4118.65 | 564,36 | 3733.69 | 4870.02 |
| 2. Satisfaccion de la Demanda | 100.03 | 0,17 | 99.84 | 100.16 |
| 2.1 Clientes Satisfechos A | 100.07 | 0,37 | 99.65 | 100.36 |
| 2.2 Clientes Satisfechos B | 100.00 | 0,00 | 100.00 | 100.00 |
| 2.3 Clientes Satisfechos C | 100.00 | 0,00 | 100.00 | 100.00 |
| 3. Capacidad Productiva | 32535.29 | 560,67 | 31789.87 | 32882.83 |
| 3.1 Produccion tipo A | 19573.52 | 975,04 | 18241.49 | 20238.19 |
| 3.2 Produccion tipo B | 8843.11 | 355,76 | 8521.43 | 9282.22 |
| 3.3 Produccion tipo C | 4118.65 | 564,36 | 3733.69 | 4870.02 |

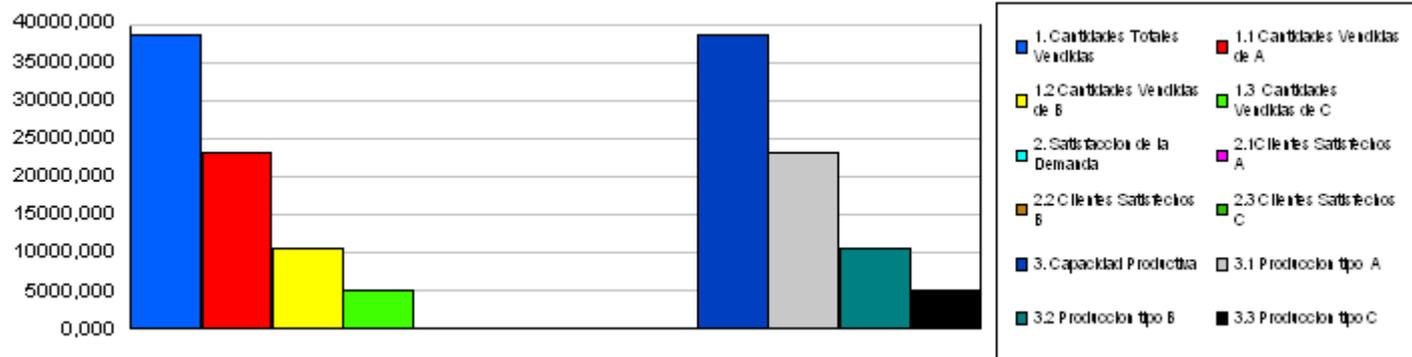


Replications: 5 Time Units: Minutes

User Specified

Output

| Output | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|--------------------------------|----------|------------|-----------------|-----------------|
| 1. Cantidades Totales Vendidas | 38663.78 | 562,80 | 37917.77 | 39106.13 |
| 1.1 Cantidades Vendidas de A | 23160.00 | 991,69 | 21743.71 | 23686.80 |
| 1.2 Cantidades Vendidas de B | 10575.96 | 433,83 | 10156.58 | 10902.97 |
| 1.3 Cantidades Vendidas de C | 4942.66 | 410,35 | 4582.78 | 5477.09 |
| 2. Satisfaccion de la Demanda | 100.03 | 0,08 | 100.00 | 100.14 |
| 2.1 Clientes Satisfechos A | 100.06 | 0,16 | 100.00 | 100.30 |
| 2.2 Clientes Satisfechos B | 100.00 | 0,00 | 100.00 | 100.00 |
| 2.3 Clientes Satisfechos C | 100.00 | 0,00 | 100.00 | 100.00 |
| 3. Capacidad Productiva | 38663.78 | 562,80 | 37917.77 | 39106.13 |
| 3.1 Produccion tipo A | 23160.00 | 991,69 | 21743.71 | 23686.80 |
| 3.2 Produccion tipo B | 10575.96 | 433,83 | 10156.58 | 10902.97 |
| 3.3 Produccion tipo C | 4942.66 | 410,35 | 4582.78 | 5477.09 |





PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE ENTRADA

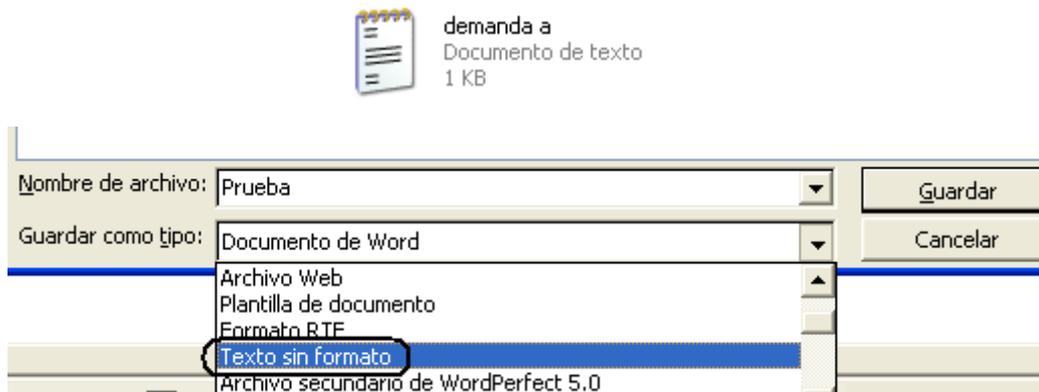
A continuación se presenta explica los pasos a realizar para el análisis estadístico de la data suministrada, para así obtener las variables de entrada del modelo de simulación:

A. Procesador de Texto.

Los datos en el Input Analyzer se deben trabajar a través de un procesador de texto (Word, MS, Wordpad). Para este caso se eligió el primero. Dichos datos se deben separar mediante uno o más caracteres de espacio en blanco.

| |
|-----|
| 5.4 |
| 5 |
| 6.3 |
| 5.7 |
| 5.9 |

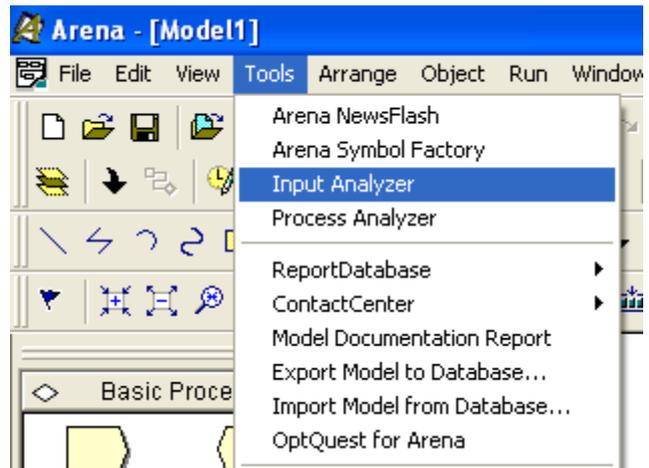
Luego el archivo se guarda eligiendo la opción “Sólo texto o Texto sin formato”. Una vez guardado, dicho archivo se ve en el explorador de WINDOWS de la siguiente manera:



Nota: Los archivos que se generen, no deben tener ningún tipo de encabezamiento, las porciones de decimales se deben separar por puntos (no por comas) y el archivo no debe tener ningún tipo de carácter diferente a números y puntos decimales.

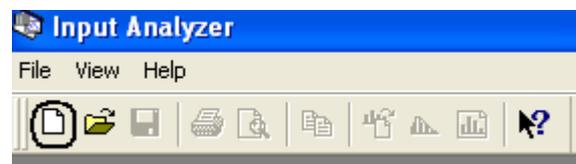
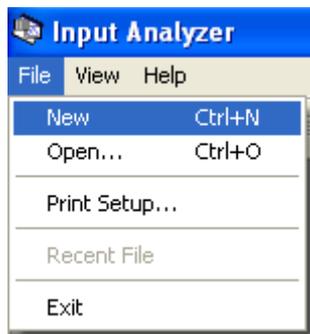
B. Entrada al Input Analyzer.

En Arena, seleccione de la barra de menús la opción “Tools” y, posteriormente, “Input Analyzer”.

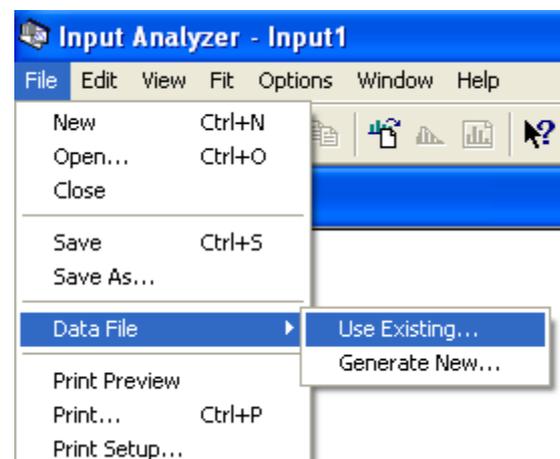


C. Creación de un archivo de entrada (Input File).

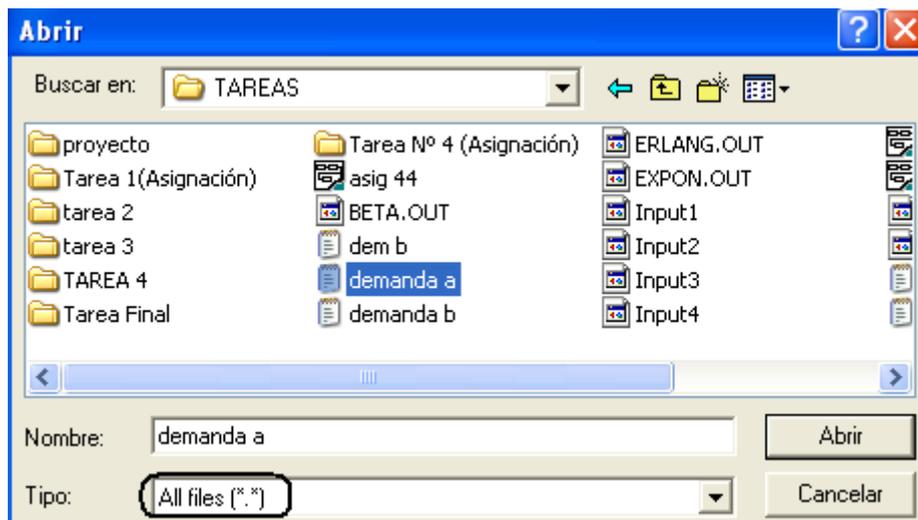
Seguidamente, seleccione de la barra de menús de la ventana del Input Analyzer, la opción “File/New” o se da click en el icono de nuevo de la barra estándar.



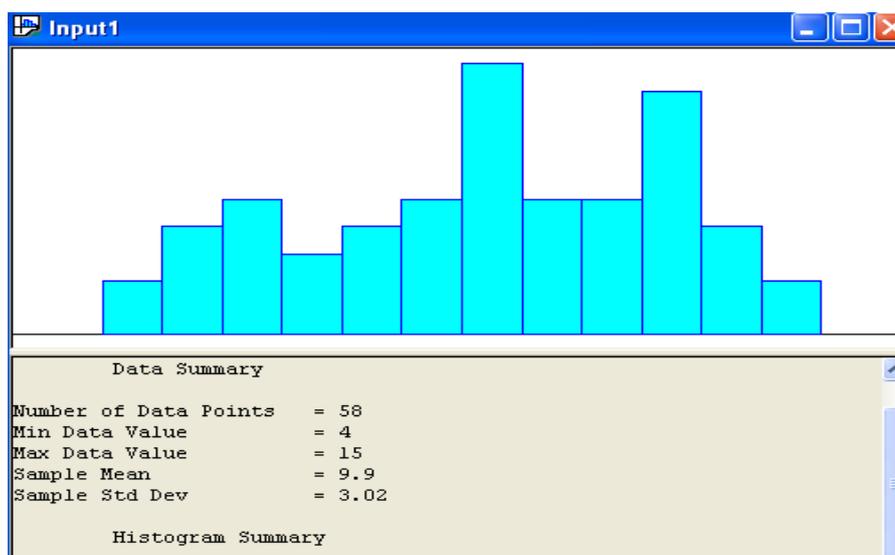
Posteriormente se buscan los datos de origen, es decir, el archivo en el cual se encuentran los datos que se desean analizar. Para esto se selecciona “File/Data File/Use Existing” en la barra de menús.



La acción permite que se despliegue un cuadro de abrir archivo; en éste el usuario busca la carpeta en la que se encuentra el archivo de entrada creado. Este cuadro debe mostrar todos los archivos de texto; sin embargo, esto no ocurre si la carpeta en cuestión contiene diferentes tipos de archivos. Para ver los archivos deseados se selecciona, en tipo de archivo, la opción “all files (*.*)” o “text files (*.txt)”.

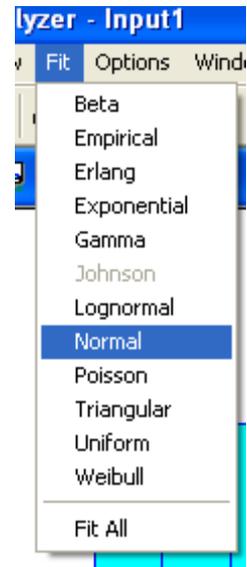


Al abrir el archivo de interés, el Input Analyzer muestra automáticamente el histograma de los datos tanto gráfica como analíticamente.

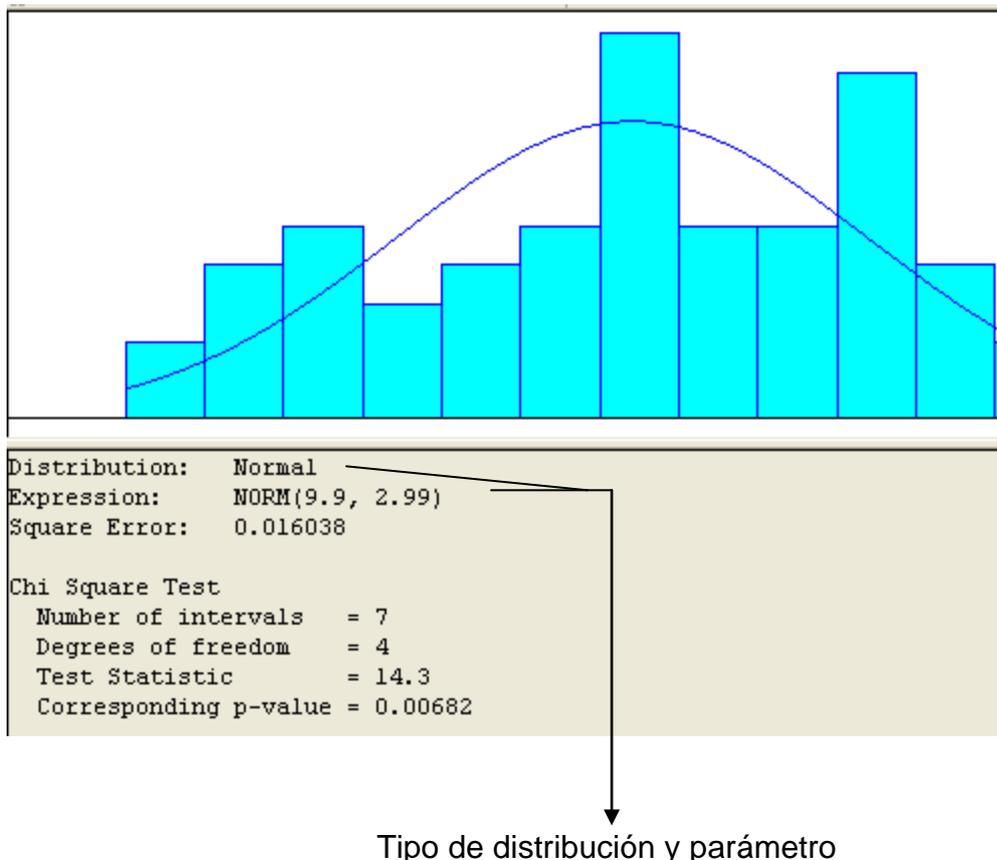


D. Ajuste de una distribución específica a los datos de entrada.

Después de cargar el archivo de datos y ver su histograma, el próximo paso es ajustarlo a una distribución. Para realizar esta operación se selecciona, en la barra de menús, la opción "Fit"; de esta manera se despliega una serie de opciones que corresponden a las distribuciones que se pueden ajustar a los datos.



Posteriormente se escoge la opción para ajustar a una distribución normal. Luego se selecciona la opción de ajuste deseada, la ventana cambia, aparece en el histograma la curva de ajuste y, en la parte analítica, se muestran los parámetros de la distribución.



E. Selección del mejor ajuste.

El Input analyzer tiene la opción “Fit All”, que permite ajustar todas las distribuciones con que cuenta esta herramienta a los datos analizados, así como seleccionar internamente aquella distribución que arroje un menor error en las pruebas de bondad de ajuste. El resumen de los errores de las pruebas de ajuste con cada una de las distribuciones, se muestra haciendo click en el botón “Fit all summary” de la barra estándar.

