

Universidad del Bío-Bío.
Facultad de Ingeniería.
Departamento de Ingeniería Industrial.

Prof. Guía: Sr. Francisco Ramis L.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

**“Verificación de Parámetros Operacionales para la
Nueva Línea de Aserrió de CMPC Maderas S.A.,
Planta Mulchén, Mediante el Uso de la Simulación”**

**“Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para
obtener el título de Ingeniero Civil Industrial”.**

Concepción, junio del 2005.

Pablo Concha Erilkin.

Agradecimientos

A mis padres Patricio e Hilda por su amor, apoyo y comprensión en todo momento.

A mi hermano Patricio por su cariño y consejo.

A mis abuelos por su amor, a quienes siempre recuerdo con cariño.

A mis amigos y familia que siempre han estado cerca y siempre creyeron en mi.

| INDICE | PAG. |
|---|-------------|
| Capítulo 1: INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Origen de la Idea | 1 |
| 1.2. Justificación | 2 |
| 1.3. Objetivos Generales y Específicos | 2 |
| 1.4. Alcance o Ambito del Estudio | |
| 1.5. Presentación | 3 |
| Capítulo 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA | 4 |
| 2.1. Exportaciones del Sector Forestal | 4 |
| 2.2. Empresas CMPC | 8 |
| 2.2.1. CMPC Forestal | 9 |
| 2.2.1.1. CMPC Maderas | 10 |
| 2.3. CMPC Maderas, Planta Mulchén | 10 |
| 2.4. Descripción de la Nueva Línea de Aserrío | 13 |
| Capítulo 3: ALGUNOS ANTECEDENTES SOBRE SIMULACIÓN | 18 |
| 3.1. Introducción | 18 |
| 3.2. Definición Formal de Simulación | 19 |
| 3.3. Usos Comunes de la Simulación | 19 |
| 3.4. Ventajas y Desventajas del uso de la Simulación | 21 |
| 3.5. Definiciones Básicas | 23 |
| 3.6. Indicadores de Desempeño | 25 |
| 3.7. Pasos en un Estudio de Simulación | 25 |
| Capítulo 4: DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE: FLEXSIM | 30 |
| 4.1. Introducción | 30 |
| 4.2. Características del Software | 30 |
| 4.3. Modelado en Flexsim | 33 |
| 4.4. Terminología en Flexsim | 34 |
| Capítulo 5: SIMULACIÓN DE LA LÍNEA DE ASERRÍO | 36 |
| 5.1. Introducción | 36 |
| 5.2. Descripción del Modelo para la Simulación | 37 |
| 5.2.1. Diferencias en el Modelo para Troncos Industriales y Troncos Podados | 50 |
| 5.2.2. Programación de las Máquinas para la Línea de Troncos Industriales | 51 |
| 5.2.2.1. Generador de Troncos | 51 |
| 5.2.2.2. Twin y Quads | 53 |
| 5.2.2.3. Conveyors | 59 |
| 5.2.2.4. Sinks | 61 |
| 5.2.3. Programación de las Máquinas para la Línea de Troncos Podados | 62 |
| 5.2.3.1. Twin y Quads | 63 |
| 5.2.3.2. Conveyors | 67 |
| 5.3. Problemas en el Modelamiento | |

| | PAG. |
|---|-------------|
| Capítulo 6: DATOS DE ENTRADA Y VALIDACIÓN | 73 |
| 6.1. Introducción | 73 |
| 6.2. Diámetros de Entrada | 73 |
| 6.3. Esquemas de Corte | 75 |
| 6.4. Velocidades de Avance y Gaps | 80 |
| 6.5. Sobre la Validación | 82 |
| Capítulo 7: PLANTEAMIENTO DE ESCENARIOS Y SUS RESULTADOS | 83 |
| 7.1. Introducción | 83 |
| 7.2. Análisis de Modelos Originales | 83 |
| 7.2.1. Modelo Original Para Troncos Industriales | 86 |
| 7.2.1. Modelo Original Para Troncos Podados | 90 |
| 7.3. Planteamiento de Escenarios | 93 |
| 7.3.1. Prueba de una Tercera Canteadora | 95 |
| 7.3.1.1. Para Troncos Industriales | 96 |
| 7.3.1.2. Para Troncos Podados | 99 |
| 7.3.2. Corridas a las Velocidades de Cuello de Botella Teóricos | 102 |
| 7.3.2.1. Para Troncos Industriales | 103 |
| 7.3.2.2. Para Troncos Podados | 106 |
| 7.3.3. Corrida Con Diferente Esquema de Corte para el Diametro 24 Troncos Industriales. | 109 |
| Capítulo 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 111 |
| BIBLIOGRAFIA y REFERENCIAS | 115 |

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.

1.1 Origen de la idea.

El tema nace de la necesidad de la empresa CMPC Maderas de planificar y analizar el funcionamiento de la futura nueva línea de aserrío de la planta Mulchén y de la experiencia pasada de los beneficios que puede traer un estudio de simulación a la planificación de los procesos por parte de la empresa.

1.2 Justificación.

A finales del año 2003, la planta Mulchén de las empresas CMPC Maderas S.A. sufrió un siniestro de incendio el cual afectó gravemente la nave de aserrío y otras funciones anexas, dejando completamente destruida la línea de aserrío y manteniendo en operación sólo el resto de las unidades de la planta como: patio de trozos, clasificador, reproceso, planta térmica, área de secado, drymill, empaque y despacho. Para compensar el impacto del siniestro, se organizó el trabajo de las plantas Nacimiento y Bucalemu en turnos continuos rotativos y se generó carga de trabajo complementaria para la planta Mulchén principalmente en las áreas de reproceso y secado, lo que ha permitido cumplir con los compromisos comerciales de la empresa.

Así nace entonces el proyecto de la reconstrucción de la línea de aserrío, con una inversión estimada de US\$27.5 millones y con la finalidad de reemplazar la línea destruida con un aserradero de última tecnología y pensado tanto para el proceso de troncos industriales como de troncos podados.

Uno de los usos más valiosos de la simulación, es para probar nuevos conceptos y/o sistemas antes de su implementación. En el caso de un sistema que aún no existe, como sucede con la nueva línea de aserrío de la planta Mulchén de CMPC Maderas, un modelo de simulación puede ayudar a la planificación dando una idea de que tal será el desempeño de este nuevo sistema.

1.3 Objetivos Generales y Específicos.

El objetivo general de este estudio es:

- Mostrar la utilidad de la simulación discreta como herramienta de apoyo en procesos de diseño de aserraderos.

Los objetivos específicos del estudio son:

- Representación de la nueva línea de aserrío de la planta Mulchén con el uso de la simulación.
- Verificación de los parámetros operacionales proyectados para la nueva línea de aserrío.
- Identificación de potenciales cuellos de botella en la nueva línea de aserrío.

1.4 Alcance o ámbito del estudio.

El estudio se centrará en lo que será la nueva línea de aserrío, considerando el proceso desde la alimentación de trozos a la línea, hasta la salida de palos procesados hacia la línea de clasificación, es decir, se decidió no analizar la línea

de clasificación de piezas procesadas. Además, en el estudio se analizara tanto lo que es la línea de troncos industriales como la de troncos podados.

1.5 Presentación.

El capítulo 2 entrega algunos antecedentes de la industria de la madera y del grupo de Empresas CMPC, así como hace una descripción de la Planta Mulchén y de su proceso de aserrío.

El capítulo 3 presenta antecedentes y características de lo que significa un estudio de simulación, así como una descripción de los pasos que comprende un estudio de este tipo.

El capítulo 4 hace una breve descripción del software utilizado en el estudio, Flexsim.

El capítulo 5 primero una descripción detallada de la construcción del modelo de para el presente estudio y finaliza con el análisis de problemas encontrados en el proceso de modelado del sistema.

El capítulo 6 analiza los datos e información con que se alimentó el modelo en el presente estudio y se presentará una descripción del proceso de validación realizado.

El capítulo 7 presenta el planteamiento de escenarios y los resultados obtenidos de las corridas de simulación para cada uno de estos.

El capítulo 8 presenta las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados presentados en el capítulo anterior.

CAPITULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

En este capítulo se entregarán algunos antecedentes de la industria de la madera y del grupo de Empresas CMPC, luego se entregará una descripción general de la Planta Mulchén de CMPC Maderas S.A. y el capítulo finalizará con una descripción detallada del proceso en estudio.

2.1 Exportaciones del sector forestal.

El sector forestal, durante los últimos 10 años, ha representado cerca de un 13% de las exportaciones del país, convirtiéndose en el segundo sector más importante de la economía del país.

En el año 2003, las exportaciones forestales crecieron un 10% con respecto a las del año 2002 y durante la primera mitad del 2004 estas exportaciones registraron un fuerte repunte con un crecimiento de un 28%.

El periodo Enero – Noviembre del 2004 las exportaciones forestales alcanzaron la cifra record de US\$3122 millones, traspasando la barrera de los US\$3000 millones antes de terminar el año, esto representa un 34% sobre el mismo periodo del año anterior.

Con respecto a los productos exportados por el sector, el ranking de los cuatro más importantes lo encabeza la pulpa blanqueada de pino radiata con un 24% de las exportaciones del sector, luego se encuentra la madera aserrada en tablones de pino radiata con un 9.2% y las molduras de pino radiata con un 9.1%; la lista de

los principales productos la cierra en último lugar la pulpa blanqueada de eucaliptus con el 8.1% de las exportaciones del sector.

Como muestra la figura 2.1, las exportaciones principales del sector concentran un 84% de las exportaciones totales, mientras que el 16% restante se distribuye en más de 400 productos.

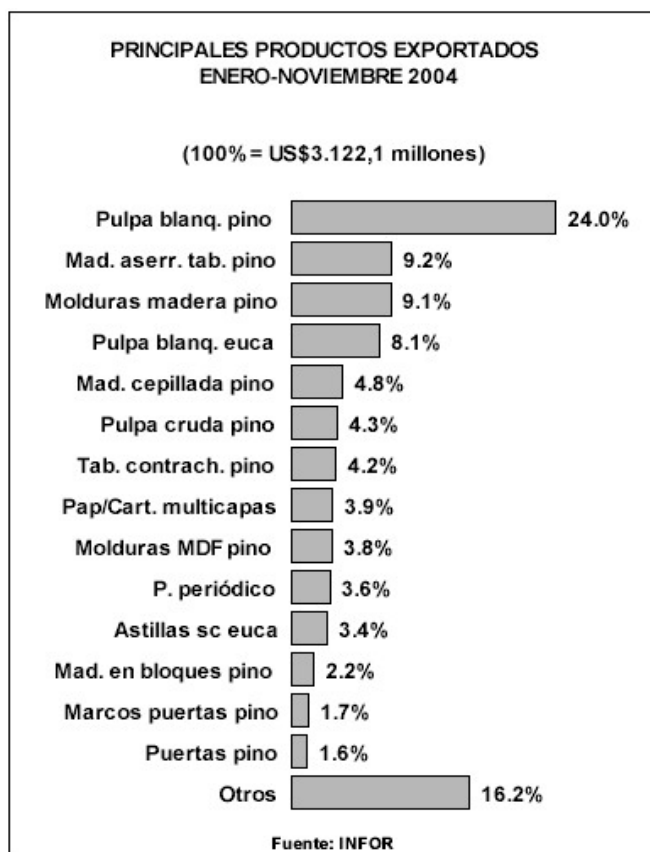


Figura 2.1. Principales productos exportados en la industria forestal.
Fuente: INFOR, Boletín Mercado Forestal N°3, Enero-Febrero 2005.

Cabe señalar que el crecimiento en las exportaciones forestales no se ha centrado en un producto o su precio, sino que ha sido resultado del incremento en los volúmenes exportados. En tabla 2.1 podemos observar la variación tanto en volumen como en precio de las exportaciones de los productos más importantes del sector.

Variación 2004/2003
Período enero-noviembre de cada año

| Producto | Valor (%) | Volumen (%) | Precio (%) |
|-----------------------|-----------|-------------|------------|
| Mad. cepillada pino | 109.5 | 74.8 | 19.8 |
| Mad. bloques pino | 79.2 | 32.2 | 35.6 |
| Molduras mad. pino | 70.6 | 19.1 | 43.2 |
| Moldura MDF pino | 55.0 | 42.3 | 8.9 |
| Puertas pino | 47.1 | 51.6 | -3.0 |
| Pulpa blanq. euca | 45.3 | 38.9 | 4.6 |
| Marcos puertas pino | 44.3 | 6.3 | 35.8 |
| Pulpa blanq. pino | 40.1 | 17.8 | 18.9 |
| Tab. contrach. pino | 36.2 | 0.9 | 34.9 |
| Papel periódico | 35.1 | 14.2 | 18.3 |
| Papel y cart. multic. | 23.7 | 16.6 | 6.1 |
| Mad.aserr. tab. pino | 16.6 | 7.6 | 8.4 |
| Pulpa cruda pino | 16.2 | 6.4 | 9.2 |
| Astillas s/c euca | 9.8 | -1.0 | 10.9 |

Fuente: INFOR

Tabla 2.1. Variación en el volumen y precio de productos forestales 2004/2003.
Fuente: INFOR, Boletín Mercado Forestal N°3, Enero-Febrero 2005.

Con respecto al mercado de destino de las exportaciones del sector forestal, el resumen se puede ver en la figura 2.2.

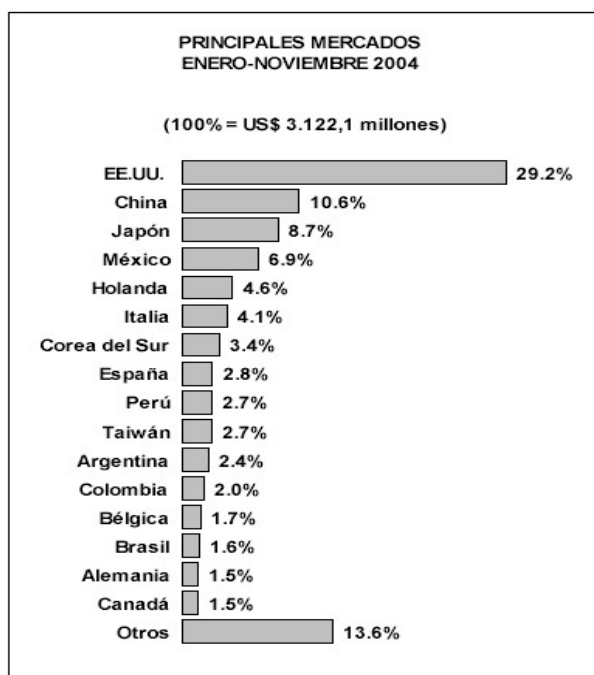


Figura 2.2. Principales mercados de productos forestales chilenos, Enero-Noviembre 2004.
Fuente: INFOR, Boletín Mercado Forestal N°3, Enero-Febrero 2005.

Con respecto a los principales exportadores del sector, el 70% de las exportaciones forestales es realizadas por el grupo Arauco y CMPC, mientras que el restante 30% corresponde a las exportaciones realizadas por mas de 900 empresas medianas y pequeñas. El resumen de los principales exportadores forestales, se puede ver en la figura 2.3.

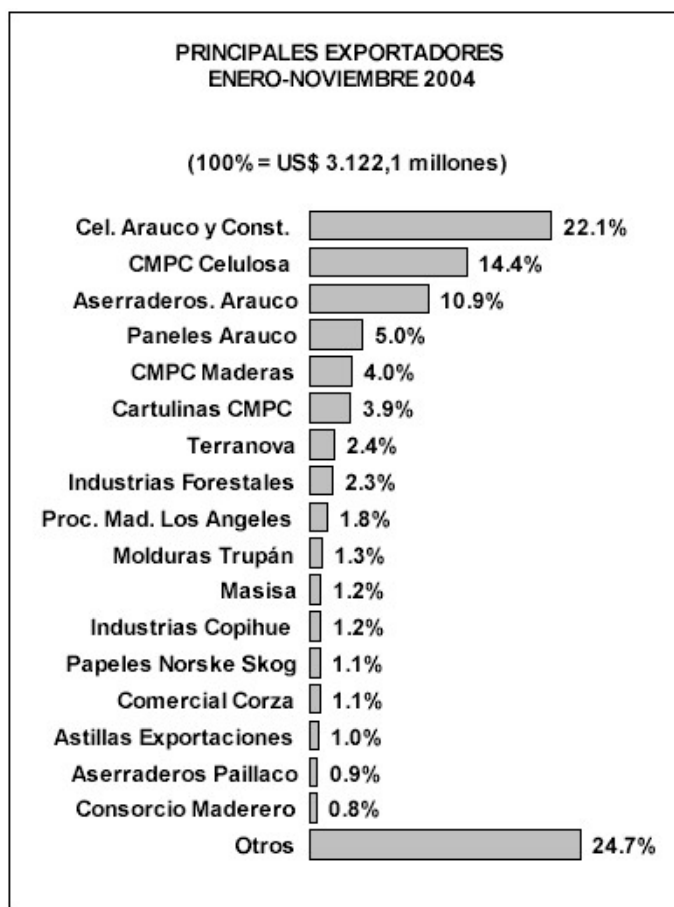


Figura 2.3. Principales Exportadores Forestales.
Fuente: INFOR, Boletín Mercado Forestal N°3, Enero-Febrero 2005.

2.2 Empresas CMPC.

CMPC S.A. es una sociedad anónima abierta, de capitales privados chilenos distribuidos en 200 millones de acciones con 8593 accionistas.

Su patrimonio forestal asciende a 709.018 hectáreas, principalmente de pino radiata y eucalipto. En el año 2003 sus ventas alcanzaron los M\$993.021.600 y tuvo utilidades por M\$124.603.846.

Empresas CMPC es uno de los grupos industriales forestales más importantes en Latinoamérica, y uno de los 100 más importantes en el mundo. Su rubro, avala operaciones en negocios forestales, celulosa, papeles, cartulinas, productos tissue, papel periódico, bolsas industriales, cajas de cartón corrugado, productos escolares y de oficina, participando en mas de 50 países en los 5 continentes.

Esta industria forestal integrada opera sus 5 negocios con más de ocho mil trabajadores a través de las empresas CMPC Forestal, CMPC Papeles, CMPC Tissue, CMPC Celulosa y CMPC Productos de Papel.

Los negocios de cada una de estas empresas se describen a continuación:

- **CMPC Forestal:** Negocios forestales y aserraderos.
- **CMPC Papeles:** Negocios de cartulinas, papeles de impresión, escritura, papeles corrugados y de envolver, papel periódico y papel con pulpa. Incluye las filiales Papeles Cordillera S.A., Cartulinas CMPC S.A., Industrias Forestales S.A. y distribuidora Edipac S.A.

- **CMPC Celulosa:** Negocios de celulosa fibra corta, fibra larga y fluff. Comprende las plantas Pacífico (480.000 toneladas/año), Santa Fe (360.000 toneladas/año) y Laja (365.000 toneladas/año).
- **CMPC Tissue:** Productos de la línea tissue y sanitarios en Chile, Argentina, Uruguay, Perú y Brasil.
- **CMPC Productos de Papel:** Encargada de los negocios de conversión de papeles, opera a través de 5 filiales: Envases Impresos S.A., Envases Roble Alto Ltda., Productos Austral S.A., Propa S.A.(con filiales en Argentina y Peru) y Chimolsa S.A.

2.2.1 CMPC Forestal.

La misión del área forestal de CMPC, es formar y administrar un patrimonio forestal que respalde el desarrollo industrial de la Compañía, maximizando el valor presente de sus bosques, mediante la gestión de sus negocios, en un ámbito de sustentabilidad y enfoque de largo plazo.

La madera que produce la empresa, a partir de sus bosques propios y cultivos, se utiliza principalmente para su industrialización en sus aserraderos y planta de remanufactura y para el abastecimiento de las plantas de celulosa, papeles y cartulinas. Además la madera es comercializada tanto en el mercado nacional como en el internacional.

Manejados por CMPC Maderas, la empresa posee 3 aserraderos en la octava región del país, Bucalemu, Mulchén y Nacimiento; que producen madera aserrada,

principalmente de pino radiata, y una planta de remanufactura en la ciudad de Los Angeles que fabrica productos de madera elaborados a partir de madera seca (tableros finger joints, molduras, productos laminados y tableros sólidos).

2.2.1.1 CMPC Maderas.

CMPC Maderas constituye el área industrial de CMPC Forestal y su misión es agregar valor al vasto patrimonio forestal de la compañía. Para ello, fabrica y vende madera aserrada verde y seca de pino radiata, así como productos de remanufactura, con líneas diversificadas en términos de productos y países.

CMPC Maderas cuenta con plantas de aserrío de moderna tecnología en Bucalemu, Mulchén y Nacimiento, además de una planta de remanufactura en Los Angeles.

2.3 CMPC Maderas, Planta Mulchén.

El presente estudio se realizó en el aserradero CMPC Maderas Planta Mulchén, que se ubica en la Panamericana Sur Km.540 sin número, a la entrada del pueblo de Mulchén.

La capacidad instalada de la planta antes del incendio era de 290.000 m³/año, una vez en funcionamiento la nueva línea de aserrío se espera que la capacidad sea de 490.000 m³/año aproximadamente, produciendo una variedad de productos para los diferentes mercados. Con una dotación de 340 personas, la planta ha desarrollado grandes inversiones últimamente, entre las que se cuentan

la nueva caldera, 4 cámaras de secado, una línea de clasificación (Drymill), cepilladora, baño antimancha y otros equipos menores.

La cuenta con una línea de descortezado y clasificación automática, y se realiza el secado artificial en 5 cámaras convencionales y 2 de alta temperatura. La capacidad de reproceso y cepillado es de 100.000 m³ al año.

El aserradero además cuenta con moderna tecnología, como scanners, control de fotoceldas, regulación por láser, etc.; la cual es apoyada por sistemas computacionales.-

Los procesos más importantes en la planta son los siguientes:

- **Recepción de troncos:** Abarca la descarga, descortezado y clasificación diamétrica de los troncos recibidos.
- **Aserrío:** Las dimensiones de corte son de acuerdo a las órdenes de compra, por lo que se puede decir que es un proceso de tipo pull.
- **Secado:** El proceso de secado abarca la selección, acopio, empalillado, secado y clasificación de las piezas obtenidas del aserrío o reproceso.
- **Despacho:** Parte final del proceso que comprende la clasificación final (Drymill), cepillado, empaquetado y despacho de los diferentes productos a sus respectivos destinos.

En la figura 2.4 se pueden ver los procesos que comprende la planta y los flujos de productos en proceso y finales entre ellos.

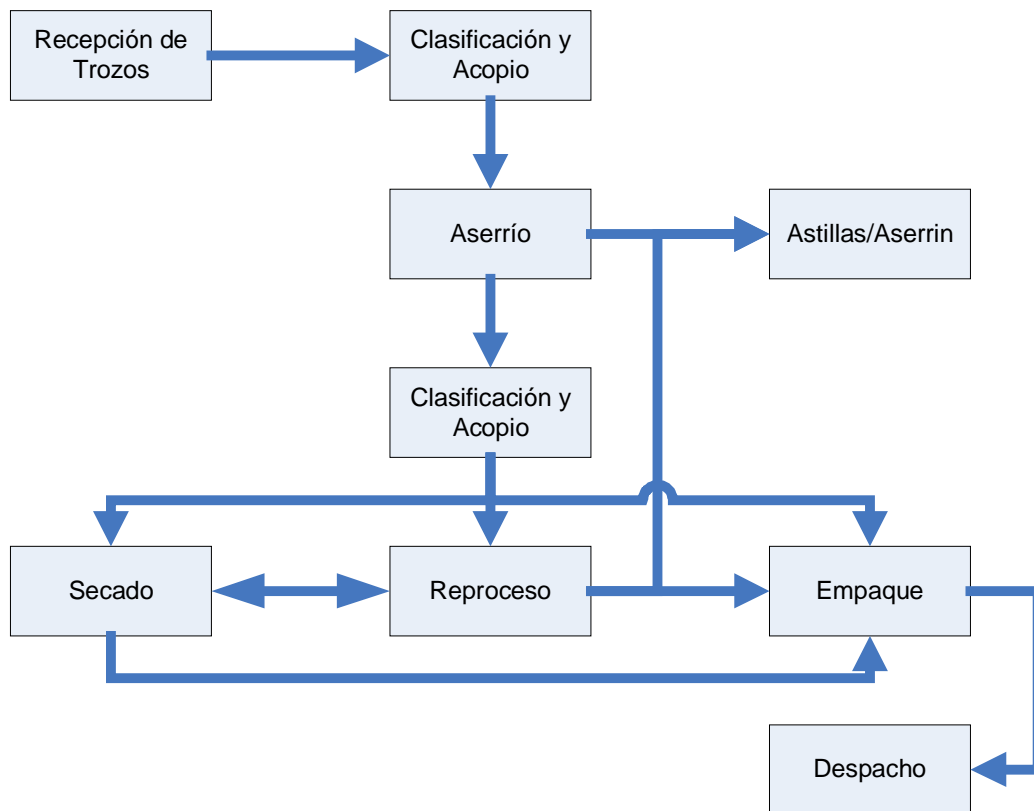


Figura 2.4. Procesos en la Planta Mulchén.
Fuente: Elaboración Propia.

2.4 Descripción de la nueva línea de aserrío.

Para presentar claramente el layout de la línea de aserrío, se separó esta en los anexos 1 y 2, donde el anexo 1 presenta la primera parte del layout o de alimentación de la línea de aserrío y el anexo 2, presenta la línea de corte propiamente tal. Para facilitar la explicación del sistema, se marcaron con letras y números los equipos en el layout.-

El sistema de alimentación de la línea de aserrío es una serie de equipos que seleccionan y preparan los troncos para entrar a la línea de corte, esto comienza con la alimentación de troncos al conveyor de entrada (A1) con una grúa frontal.

El conveyor de entrada alimenta a un stepfeeder (A2), el cual hace ingresar los troncos de acuerdo al programa producción. El ritmo de entrada de los troncos depende del diámetro que está trabajando la línea y de que tan congestionado esté el sistema.-

Del stepfeeder, el tronco pasa por un scanner de dos ejes (A3), el cual toma el diámetro y conicidad del trozo, de manera que en el equipo siguiente, una mesa rotadora (A4), el trozo es posicionado para que éste quede con la cara de menor diámetro hacia delante. De la misma forma, con la información del primer scanner, a la salida del conveyor que sigue a la mesa rotadora hay un buzón de rechazo (A5), para troncos que estén fuera del diámetro de trabajo que está programado. Cabe decir que la clasificación diamétrica de los troncos tiene un error de un 12%

aproximadamente, por lo que se estima que este será el porcentaje de troncos rechazados en la línea y que deben ser devueltos a la clasificación.

Al seguir por los conveyors, el tronco pasa por un scanner true shape (A6), el cual toma la forma exacta del tronco y ajusta el esquema de corte que mejor se ajuste a esta forma de manera de maximizar ya sea el volumen de madera que se obtendrá, o el rendimiento económico del tronco. De igual manera, el scanner, provee la información al último equipo de la línea de alimentación, el cual es un posicionador(A7), el cual posiciona de forma óptima el tronco antes del primer corte, dejándolo con la curvatura de éste hacia arriba y centrándolo en el conveyor.

Luego el tronco entra en lo que es la línea de corte propiamente tal, donde el primer equipo es una Chipper Canter la cual se encuentra en serie con una Quad (C1). Esta última es una multisierra de huincha vertical con la capacidad de que cada huincha se posicione de acuerdo al esquema de corte seleccionado para obtener entre 2 y hasta 4 piezas laterales además de la basa del tronco en una sola pasada y sin reproceso. A la salida de la Quad, las piezas laterales caen al conveyor con destino hacia la primera canteadora (C10) y la semibasa sigue por la línea central.

La semibasa luego pasa por un scanner de calidad (C2), el cual, para el caso de los troncos podados, mide la calidad de la madera de acuerdo a irregularidades en

sus caras exteriores y a su nudosidad, y determina si es que es posible la extracción de una tercera pieza por lado.

La máquina siguiente es una Twin (C3), o multisierra vertical de dos huinchas, la cual saca la tercera pieza por lado de los troncos si es que es posible. En el caso de los troncos industriales, este corte dependerá del diámetro con que se este trabajando y si el esquema de corte lo permite; en el caso de los troncos podados en cambio, el tercer corte dependerá de si la calidad de la madera permite la salida de esta tercera pieza. Cabe decir que este equipo permite tanto la salida de uno o dos laterales, los cuales caen a los conveyors que los llevan ya sea a la canteadora 1 (C10) o canteadora 2 (C11), mientras que la semibasa sigue por la línea central.

La semibasa luego pasa por un girador (C4), el cual bota la semibasa en uno de sus lados abiertos por el corte de laterales. Luego la semibasa recostada, pasa por un scanner true shape (C5) el que toma la forma exacta de la semibasa de manera de posicionarla para optimizar los siguientes cortes.

El siguiente equipo es un Chipper Canter (C6), el que despeja la cara exterior de lo que serán los laterales del siguiente corte. Dado que en un principio la curvatura del tronco se dejo hacia arriba, es lógico que la semibasa al darla vuelta tenga todavía esta curvatura, pero ahora hacia los lados, por esto se tomo la decisión de que este y el equipo siguiente, permitan el corte en curva tanto para la extracción de la cara exterior, como para el corte de laterales.

Luego de despejada la cara exterior, la semibasa llega a una segunda Quad (C7), la cual como se dijo anteriormente, permite el corte en curva de los laterales, de manera de aprovechar de mejor forma el volumen del tronco. Al igual que la primera Quad, esta máquina puede sacar entre 2 y hasta un máximo de 4 laterales (dos por lado), los que caen a la salida hacia el conveyor que los lleva hacia la canteadora 2 (C11) y el central que sigue por la línea hacia el siguiente equipo.

El siguiente equipo (C8) sólo funciona cuando se está trabajando con troncos podados. Dado que para estos troncos no se tiene un esquema de corte fijo, se necesita que este equipo estandarice las medidas del central, para que éste pueda ser desmultiplicado en piezas con medidas comerciales.

Finalmente en la línea central, el último equipo es una multisierra circular (C9), la que hace la desmultiplicación de los centrales en tablonés que luego se enviarán a reproceso.

Los laterales que salen de cualquiera de las tres máquinas de corte, tienen por destino las canteadoras (edgers, C10 y C11), las cuales eliminan el canto muerto de las piezas. El equipo en sí, está compuesto por un scanner, un posicionador y la máquina de corte propiamente tal.

En la siguiente figura podemos ver el diagrama del proceso de aserrío.

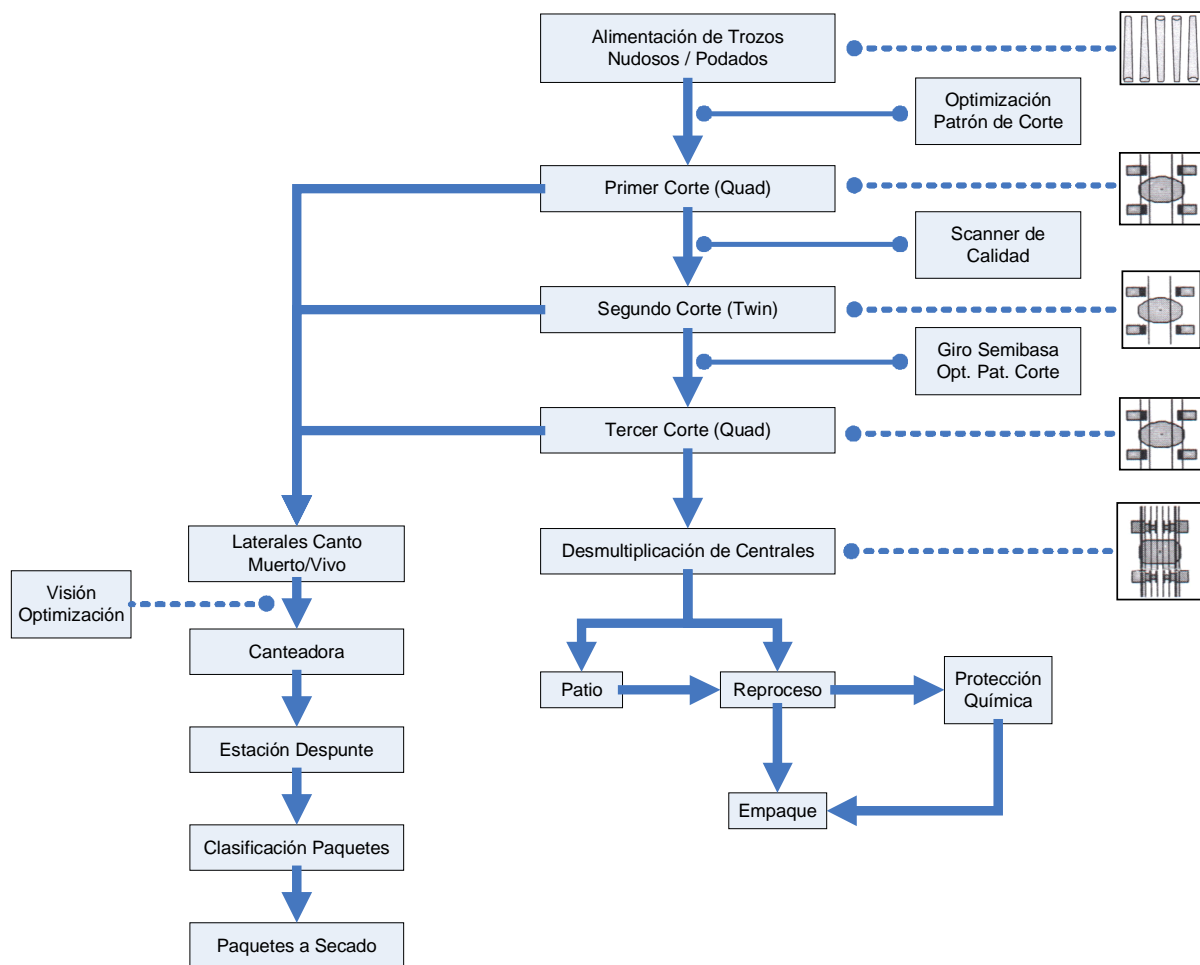


Figura 2.5. Proceso de Aserrio en la Nueva Linea.
Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO 3: ALGUNOS ANTECEDENTES SOBRE SIMULACIÓN.

En este capítulo se presentan antecedentes y características de lo que significa un estudio de simulación, así como una descripción de los pasos que comprende un estudio de este tipo.

3.1 Introducción.

La simulación se ha vuelto cada vez más popular como una técnica para investigar y/o ayudar a mejorar el desempeño de un proceso; mas aún, dada la creciente facilidad para representar visualmente los modelos de los sistemas simulados a través de animaciones cada vez más sofisticadas, ha aumentado su uso como herramienta de venta de nuevos sistemas. Esto último, ya que es más convincente presentar una animación donde se puede ver el proceso simulado en detalle, que entregar los resultados finales que muchas veces los clientes no saben de donde se han obtenido.

La simulación es principalmente un método efectivo y económico de evaluar el desempeño de recursos y de políticas operacionales alternativas. Dentro de los usos mencionados, cabe decir que además es una herramienta que puede ser usada para medir el desempeño de equipamientos nuevos, claves en un sistema, antes de invertir en ellos.

A medida que crece la popularidad de la simulación en las áreas de sistemas de manufactura, de servicios y de transportes; los proyectos de simulación han dejado de estar restringidos a gente especialmente capacitada y educada en el tema y ha pasado a ser usada por todo tipo de profesionales. Lo anterior se debe en gran parte a la forma en que aparecen cada vez programas de simulación para áreas más específicas y especializada, los cuales a su vez se han vuelto cada vez más amigables para los usuarios.

3.2 Definición formal de Simulación.

Dependiendo la literatura que se consulte, podemos encontrarnos con distintas definiciones de lo que es la simulación, así por ejemplo Schriber (1987) la define como “ el proceso de modelamiento que imita la respuesta del sistema real a eventos que tienen lugar a través del tiempo”.- Otro autor (Dennis Pegden, 1985), la define como “el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y conducción de experimentos con este modelo, con la finalidad de entender el comportamiento del sistema y/o evaluar diversas estrategias para la operación del modelo”.-

De las definiciones anteriores, podemos ver que cuando hablamos de simulación nos referimos al proceso de modelar un sistema real para poder realizar experimentos sobre el modelo y así inferir sobre el comportamiento y desempeño del sistema bajo estudio.

3.3 Usos comunes de la simulación.

Los usos de la simulación que se repiten comunmente en la literatura sobre el tema, son:

- **Análisis de procesos:** Algunos sistemas son demasiado complejos, lo que dificulta entender por completo su operación y las interacciones entre los componentes del sistema sin un modelo dinámico. Dicho de otra forma, sería difícil o imposible estudiar el sistema deteniéndolo o examinando cada componente por separado y esperar entender su funcionamiento a cabalidad; ejemplo clásico de esto, sería estudiar de esta forma un proceso de manufactura complejo, y tratar de entender cómo y dónde se producen los cuellos de botella.
- **Prueba de distintos escenarios:** Si se comienza ya conociendo y entendiendo el funcionamiento de un sistema y se quiere mejorar su desempeño, ya sea a través del cambio de políticas operacionales o cambiando los recursos del sistema, un modelo de simulación permite la experimentación de los cambios y evaluación de los resultados sin tener que perturbar el sistema real.
- **Probar nuevos sistemas:** Si un sistema no existe, o se considera la compra de uno nuevo para reemplazar el existente, un modelo de simulación puede ayudar a dar una idea de qué tal será el desempeño del sistema propuesto; así como también puede servir para la evaluación de diferentes equipos. Además, modelar un sistema antes de su implementación, aún cuando ya se ha decidido sobre el sistema a construir,

puede permitir refinar las configuraciones de los equipos y/o procesos escogidos.

3.4 Ventajas y desventajas del uso de la Simulación.

Además de las ventajas que se pueden ver en lo mencionado en el punto anterior, la simulación tiene otros beneficios específicos, estos incluyen:

- **Experimentación en una fracción de tiempo:** Por el hecho que los modelos se crean en una computadora, las corridas de simulación se pueden hacer en tiempo comprimido. Según lo anterior, por ejemplo, si un proceso que se quiere analizar toma un largo horizonte de tiempo en completarse (semanas, meses, años), a través de un modelo en la computadora, este se puede simular para el análisis en segundos y cuantas veces se necesite para aumentar la confiabilidad estadística de los resultados.-
- **Requerimientos de análisis reducidos:** Antes de la simulación por computadora, la gente que usaba simulación se veía forzada a usar herramientas que demandaban mayores esfuerzos y por esta misma razón se podían estudiar sistemas relativamente simples. El análisis de sistemas más complejos era de dominio exclusivo de matemáticos o analistas especializados. Además de esto, dada la complejidad de algunos sistemas, sólo se podía realizar un análisis con una aproximación estática en diferentes puntos fijos en el tiempo. Con el desarrollo de paquetes computacionales de simulación, se ha aislado al usuario de muchos de los cálculos y programación requerida para desarrollar un modelo.

- **Fácil demostración de los modelos:** La mayoría de los programas de simulación, permiten la representación animada del modelo en operación, con más o menos detalles. La animación ayuda a crear credibilidad en el modelo y presentarlo de mejor forma.
- **Control sobre los experimentos:** En la simulación se puede mantener mejor control sobre las condiciones de los experimentos de lo que se podría tener cuando se experimenta en el sistema real,

Aunque son muchas las ventajas de la simulación, esta herramienta de análisis también tiene ciertos inconvenientes que deben ser conocidos por quien se interese en el tema, entre estas desventajas, podemos destacar:

- **La simulación no puede dar resultados confiables, si la información de entrada no es confiable:** Esta aseveración, se resume en el dicho “garbage in, garbage out”, es decir si “entra basura, sale basura”. El obtener información para la alimentación de un modelo es una de las partes más difíciles del proceso de simulación.
- **La simulación no provee respuestas simples a problemas complejos:** La regla por lo general nos dice que problemas complejos requieren soluciones complejas.
- **La simulación por sí sola no resuelve los problemas:** Lo que hace el análisis de un modelo de simulación es proveernos potenciales alternativas

de solución de un problema, es responsabilidad de quienes administran el sistema el implementar estas soluciones o no.

3.5 Definiciones básicas.

A continuación se presentaran algunas definiciones de los componentes que se pueden encontrar en un modelo de simulación.

- **Entidades:** Son Objetos dinámicos en la simulación. Se crean, se mueven dentro del sistema y finalmente se retiran. La mayoría de las entidades representan elementos reales de un sistema (productos en proceso, materias primas, personas, documentación, etc.)
- **Atributos:** Es una característica de la realidad, se acoplan a las entidades y se mueven con ellas. Un atributo es una característica para todas las entidades, pero con un valor específico que difiere entre una entidad y otra (color, altura, diámetro, etc.). También tienen el nombre de variables locales.
- **Variables:** Es una pieza de información que define el estado del sistema en un tiempo dado, son independientes de las entidades, pero pueden ser modificadas por estas (clientes en el sistemas, tamaño de una cola, etc.). El modelo puede tener muchas variables. También se les da el nombre de variables globales.

- **Recursos:** Representan elementos que son solicitados por las entidades (cajeros, operarios, etc.). Las entidades toman un recurso cuando esta disponible y luego lo liberan cuando terminan de usarlo. Una entidad puede necesitar uno o varios recursos a la vez, de acuerdo a la situación.
- **Colas:** Las colas son lugares donde las entidades esperan por un recurso que esta siendo ocupado por otra entidad.
- **Acumuladores estadísticos:** Son variables que llevan registro de las medidas de efectividad del sistema (tiempo total en cola, utilización de un recurso, etc.)
- **Eventos:** Es un acontecimiento que ocurre en un instante de tiempo de simulación (creación de una entidad, comienzo de servicio, termino de servicio, entrada a cola, etc.). Un evento puede cambiar atributos, variables y acumuladores estadísticos.
- **Reloj de simulación:** Valor correspondiente al tiempo de simulación es mantenido en una variable llamada reloj de simulación. El tiempo no transcurre continuamente, sino de evento a evento. Dado que nada ocurre entre eventos, no es necesario desperdiciar el tiempo real. En el calendario de eventos se almacena la hora en que debe ocurrir cada evento, el reloj de simulación revisa cuál es el próximo evento en la lista y avanza hasta la hora en que está programada su ocurrencia.

3.6 Indicadores de desempeño.

En un estudio de simulación, siempre interesa saber que tal es el desempeño del sistema, y por lo tanto del modelo del sistema. Para poder medir esto, debemos calcular algún tipo de medición de salida de las corridas para poder compararlas con las alternativas y con el desempeño del sistema real.

Una lista de los indicadores de desempeño comunes es:

- Tiempo en el sistema.
- Tiempo en cola.
- Tamaño promedio de la cola.
- Utilización.
- Inventario.
- Disponibilidad.

3.7 Pasos en un estudio de simulación.

A continuación se presentan los pasos de un estudio de simulación.

1. **Formulación de problema.** Todo estudio debe comenzar con una clara definición del objetivo general y de los temas específicos que se quieren analizar. En esta etapa, se debe planear la totalidad del estudio en términos de número de personas, costos y tiempo requerido para cada aspecto del estudio.

2. **Colección de datos y definición del modelo.** Si el sistema en estudio existe, la información y datos del sistema se deben recoger directamente de él o de registros de su funcionamiento, de manera de especificar los procesos y las distribuciones de probabilidad para usar en las variables aleatorias del modelo. Por ejemplo, se podrían necesitar tiempos entre llegadas a un proceso, tiempos de servicio, velocidades de transporte, etc., de manera de alimentar el modelo con esta información. Además si fuese posible, se deberá recolectar información con respecto al desempeño del sistema real, como datos de producción, tiempos de espera, tamaño de cola, etc. de manera que una vez construido el modelo, facilita su validación. Si bien no hay una regla con respecto a la construcción del modelo, un punto en que muchos autores están de acuerdo, es en que se debe empezar con un bosquejo general del modelo y luego ir desarrollándolo en uno mas sofisticado de ser necesario. El modelo sólo debe tener suficiente detalle como para capturar la esencia del sistema para estudiar los objetivos definidos, un modelo excesivamente detallado puede ser demasiado costoso de desarrollar y puede no ser esencial para el análisis.
3. **Verificación.** Durante la construcción del modelo, nos interesara que el modelo corra tal cual como nosotros queremos que funcione. A este proceso se le llama verificación, y puesto de forma simple quiere decir que debemos construir el modelo correctamente. Por lo general, los programas de simulación actuales proveen de herramientas que permiten realizar el

proceso de verificación donde a medida que se va construyendo el modelo. El que no se pueda verificar el modelo (que de resultado negativo la verificación) tiene que ver con la “programación” del modelo.

4. **Validación.** Cuando desarrollamos un modelo de simulación, nos interesa que éste represente al sistema real de manera adecuada a los objetivos del estudio. El proceso de comprobar que el modelo representa correctamente al sistema se le llama validación, y en palabras simples se puede decir que se refiere a construir el modelo correcto. Aún cuando un modelo esté verificado, es decir funcione correctamente, puede ser que el modelo no sea válido. La invalidez de un modelo puede ser resultado de ciertas acciones u omisiones por parte de la persona que realiza el estudio en relación a temas como: los supuestos, la simplificación, limitantes o al ignorar aspectos en el proceso de construir el modelo.

5. **Diseño de experimentos.** Se debe decidir qué alternativas o escenarios se deberán correr en el modelo, de manera de atacar los temas estipulados en los objetivos del estudio. En esta etapa, además se deberán decidir las características comunes a cada escenario para su posterior comparación, como lo podría ser el largo de la simulación, el número de corridas por escenarios, etc.

6. **Experimentación.** En esta etapa se realizan las corridas del modelo y de los escenarios planteados anteriormente. Se recolectan y procesan adecuadamente los resultados.
7. **Análisis de resultados.** Por lo general, se utilizan técnicas estadísticas para analizar los datos de salida. El objetivo típico en estos análisis es construir intervalos de confianza para medir y comparar el desempeño del sistema y de los escenarios alternativos.
8. **Documentación, Presentación e Implementación de los resultados.**
Generalmente, los modelos de simulación pueden ser usados para más de un estudio, entonces es importante documentar los supuestos bajo los que se creó el modelo, así como la creación del modelo en sí.

A continuación se presenta un diagrama con los pasos más comunes en un estudio de simulación y sus relaciones entre ellos. Cabe decir que no todos los estudios contendrán necesariamente todos los pasos detallados en el diagrama. Es más, un estudio de simulación no es simplemente un proceso secuencial, hay tareas que pueden ser hechas en paralelo, y además a medida que se va entendiendo mejor el sistema quizás sea necesario volver a algunos pasos anteriores.

Pasos en un estudio de simulación.

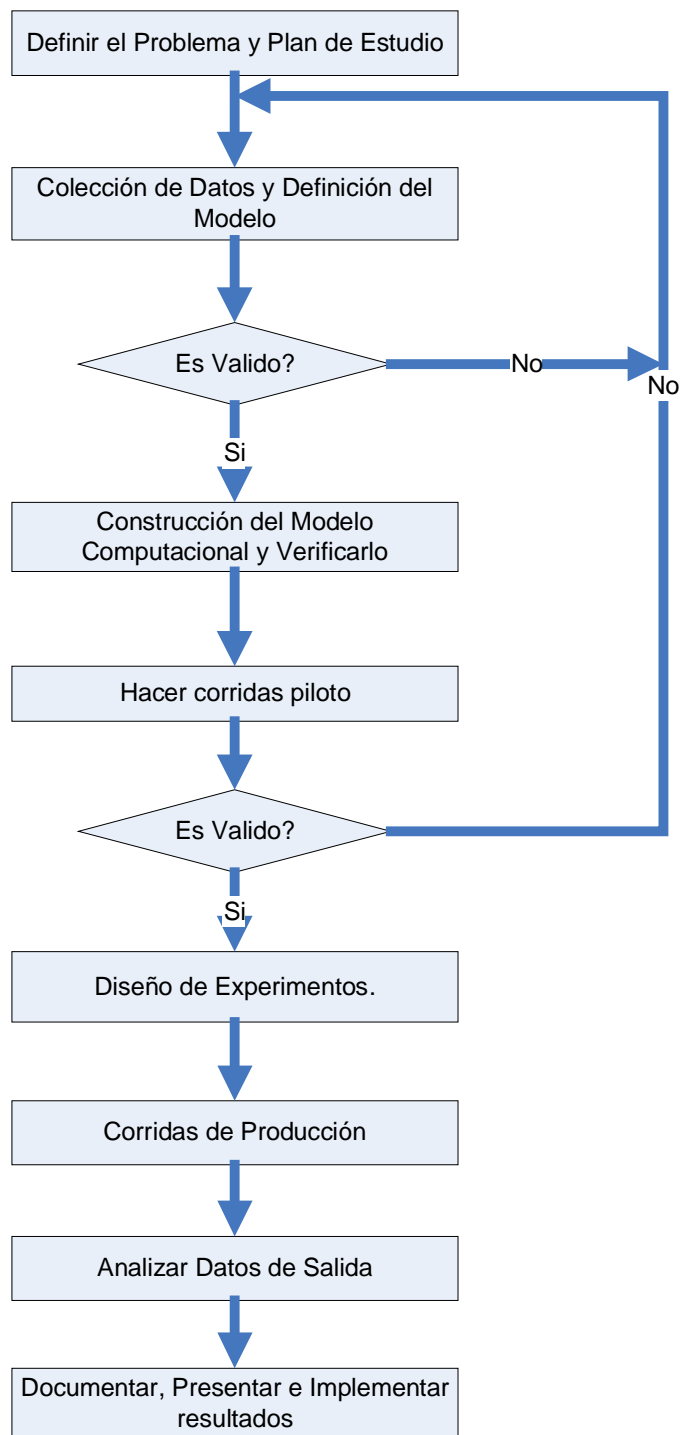


Figura 3.1. Pasos en un Estudio de Simulación.
 Fuente: Simulation Modeling & Analysis: Averill Law – W. David Kelton. McGraw-Hill 1991.

CAPITULO 4. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE: FLEXSIM.

En este capítulo se hace una breve descripción del software utilizado en el estudio, Flexsim.

4.1 Introducción.

Flexsim es un software de simulación para el modelado de procesos de eventos discretos. Este software puede ser utilizado para modelar, simular y visualizar cualquier proceso de negocios ya sea de manufactura, logístico o administrativo.

Flexsim, como su nombre lo indica, tiene un alto grado de flexibilidad en lo que se refiere a la posibilidad de adecuarlo como un programa específico para cualquier tipo de industria. Esta característica es la que ha aprovechado el Centro Avanzado de Simulación de Procesos (CASP) de la Universidad del Bío-Bío, para el desarrollo de plantillas para la industria del aserrío.

4.2 Características del software.

Flexsim, tiene ciertas características que lo definen como una excelente alternativa de software para el modelado, simulación y visualización de procesos, éstas se presentan a continuación.

- **Modelado:** Flexsim permite utilizar objetos altamente desarrollados y parametrizados que representan procesos y colas. Para el uso de un objeto, basta arrastrarlo y moverlo desde la librería de objetos a la vista del

modelo. Cada objeto tiene una localización en el espacio (x,y,z) , una velocidad, rotación y un comportamiento específico en el tiempo; estos objetos pueden crearse, destruirse y moverse entre ellos.

Hay tres características principales en el modelamiento en Flexsim, estas son:

1. Herencia: Permite el uso de las características de herencia de Microsoft Visual C++, como por ejemplo en el uso de herencia al momento de construir objetos propios partiendo de los objetos bases.
2. Modificación para usos específicos: Virtualmente todo aspecto del software está abierto para su modificación por parte del usuario. Los objetos, vistas, interfaces, menús, parámetros de los objetos, etc., son por nombrar algunas de las características que se pueden modificar de acuerdo sea necesario. Además, todo objeto que se modifica o que se ha creado completamente nuevo, puede ser agregado a las librerías de manera que puedan ser usados las veces que se requiera. La creación o modificación de objetos se hace a través del lenguaje C++, el cual controla el comportamiento de los objetos; mientras que la apariencia, interfase, botones, menús, etc., se controlan por flexscript, una librería de c++ precompilada.
3. Intercambiabilidad: Los objetos se pueden cambiar entre usuarios, librerías y modelos, lo que en conjunto con la característica del punto anterior acelera el proceso de modelado.

- **Simulación:** Flexsim cuenta con un motor de simulación muy rápido, que permite ejecutar enorme cantidades de eventos en un corto periodo de tiempo. El motor de Flexsim controla la simulación y visualización del modelo, por lo que si se necesita mas rapidez, ésta se puede obtener desactivando la visualización.

Flexsim está equipado con una opción de experimentación que permite simular escenarios del tipo “what if”. Los escenarios se corren automáticamente y los resultados se guardan en reportes, tablas y gráficos. Se puede analizar el desempeño de cada escenario por un numero de indicadores que predefine el usuario, como utilización, throughput, costos, etc. Los resultados pueden ser facilmente exportados a otras aplicaciones como MS Word y Excel.

- **Visualización:** Flexsim cuenta con animación de realidad virtual en la visualización de los modelos. El software utiliza la última tecnología en gráficos de realidad virtual de juegos de computador. Además, Flexsim permite la importación de un amplio rango de formatos de modelos 3D para uso en el modelado.-

4.3 Modelado en Flexsim.

Para comenzar la creación de un modelo en Flexsim, primero se debe hacer una compilación antes de comenzar el trabajo, con el botón compile en la barra de herramientas inferior.

Los diferentes objetos necesarios para el modelado, se toman y arrastran directamente desde la librería de objetos hacia la vista del modelo. Las conexiones entre objetos se hacen presionando “a” y manteniendo apretada mientras se hace clic en el objeto inicial y se arrastra y suelta el mouse en el objeto final. En la siguiente figura podemos ver una vista con las barras de herramientas, la librería de objetos y la vista del modelo en el software.

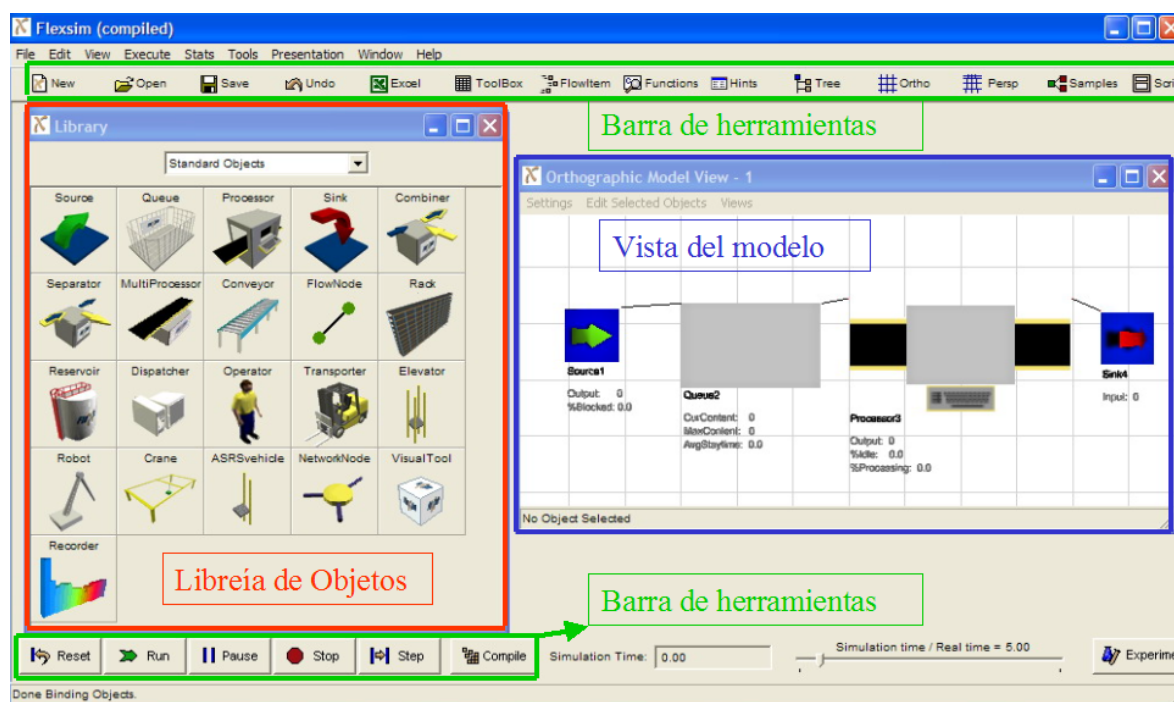


Figura 4.1. Ambiente de Trabajo en Flexsim.
Fuente: Elaboración Propia

Cada objeto tiene además, una serie de características y comportamientos que están parametrizados para su fácil entrada de datos. Por ejemplo, un procesador

tiene las opciones de setear el tiempo de procesamiento, tiempo entre fallas, tiempo de falla, etc., de forma simple, sin tener que programar estas características del funcionamiento del objeto. Además, tiene una serie de opciones de acción que el objeto debe realizar en el momento de reset, de recibir una entidad, al momento de terminar el proceso, al momento de salida de la entidad, etc., de manera que permite, de manera simple, modelar el comportamiento de cada objeto en el modelo. También está parametrizado hacia qué puertos de salida debe salir una entidad después del paso por un objeto, si éste tiene conexiones con más de un objeto en su salida.

4.4. Terminología en Flexsim.

Flexsim usa una terminología específica para nombrar algunos componentes de un modelo de simulación, esta terminología se presenta a continuación para mejor entendimiento si se usan estos conceptos través de este estudio.

- **Objeto.** Son los componentes que se encuentran en la librería de objetos del programa. Estos representan recursos, colas y acumuladores estadísticos del modelo de simulación. Como ya se ha mencionado, para su uso en el modelo, sólo basta con arrastrarlo y soltarlo desde la librería de objetos hacia la vista del modelo.
- **Flowitem.** Son objetos que se mueven a través del modelo. Estos son las entidades que circulan en el modelo, pueden ser partes, piezas, productos en procesos, personas, troncos, etc. Los flowitem (entidades) las generan los objetos Source y son desechados en los objetos Sink. Los flowitems

pueden ser objeto de procesos y pueden ser transportados por recursos de transporte.

- **Itemtype.** Es una etiqueta que llevan los flowitem, que representan una característica de él. Son atributos que diferencian entre entidades (etiquetas que diferencian entre itemtypes). Flexsim usa estos atributos como referencia al momento de diferenciar entre los procesos, rutas o comportamientos que deben ser usados en diferentes tipos de entidades.
- **Puertos.** Todo objeto de flexsim tiene un número ilimitado de puertos a través de los que se puede comunicar con otros objetos. Hay tres tipos de puertos: de entrada, de salida y puertos centrales. Los puertos de entrada y salida, son utilizados para el ruteo de los flowitem a través del modelo (movimiento entre objetos en el modelo). Los puertos centrales son utilizados para crear referencias o punteros entre objetos. Los puertos son creados y conectados al hacer clic en un objeto y mantener sujeto y arrastrar hacia un segundo objeto mientras se mantiene apretada una letra en el teclado; manteniendo apretada la tecla “A”, se creara un puerto de salida en el primero objeto y un puerto de entrada en el segundo, manteniendo apretada la letra “S” se creara un puerto central en los dos objetos conectados. Las letras “Q” y “W” son utilizadas para borrar puertos y conexiones de puertos de entrada y salida, y centrales respectivamente.
- **Model Views.** Se refiere a los tipos de vista del modelo creado, esta puede ser ortográfica o perspectiva. El modelo se puede crear y modificar en cualquiera de las dos vistas gráficas.

CAPITULO 5. SIMULACIÓN DE LA LÍNEA DE ASERRÍO.

El presente capítulo entrega primero una descripción detallada de la construcción del modelo de para el presente estudio y finaliza con el análisis de problemas encontrados en el proceso de modelado del sistema.

5.1. Introducción.

De acuerdo a los intereses de la contraparte de la empresa, se decidió que la simulación tendría una duración de 1 turno de trabajo de 7.5 horas para cada diámetro escogido. Los datos de velocidades de la línea y capacidades de las máquinas para cada diámetro y tipo de tronco se obtendrían de los piece counts entregados por las empresas oferentes del proyecto. Como no se contaba con la información necesaria, y por que ésta no era un factor determinante al simular sólo un turno en la detección de los cuellos de botella, se optó por no considerar fallas en la línea, y sólo considerar el tiempo asegurado de utilización de la línea en la propuesta (85%). Es decir, se simularían turnos de 6,375 horas o 22950 segundos.

Si bien al comenzar la creación de modelo para el estudio, se sabía que se harían corridas con sólo algunos de los diámetros más importantes de los troncos podados e industriales, finalmente se decidió crear el modelo de manera que se pudieran cambiar fácilmente estos diámetros entre corrida y corrida.

5.2 Descripción del modelo para la simulación.

El modelo comienza con un generador de troncos, el cual tiene como función mantener alimentado el sistema, para ésto se seteo al generador para que creara un tronco cada 4 segundos, es decir, un total de 15 troncos por minuto, lo que es mayor a la velocidad de cuello de botella de la línea para cualquier diámetro de trabajo. Desde el generador, los troncos ingresan a un conveyor de entrada.

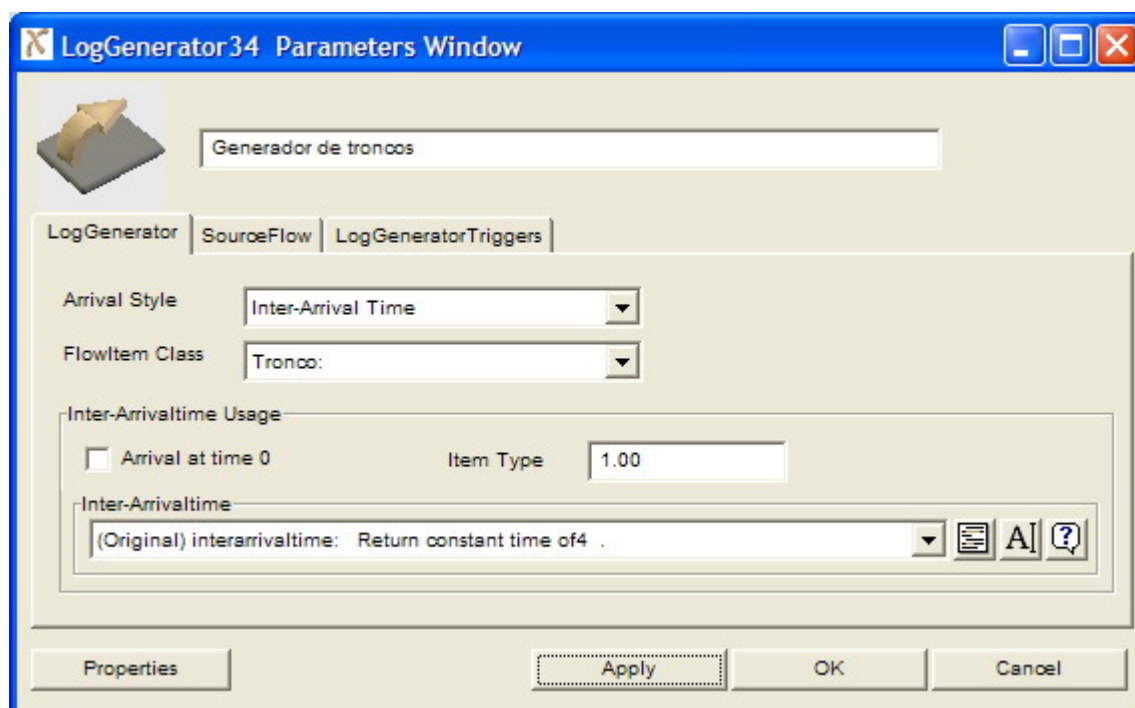
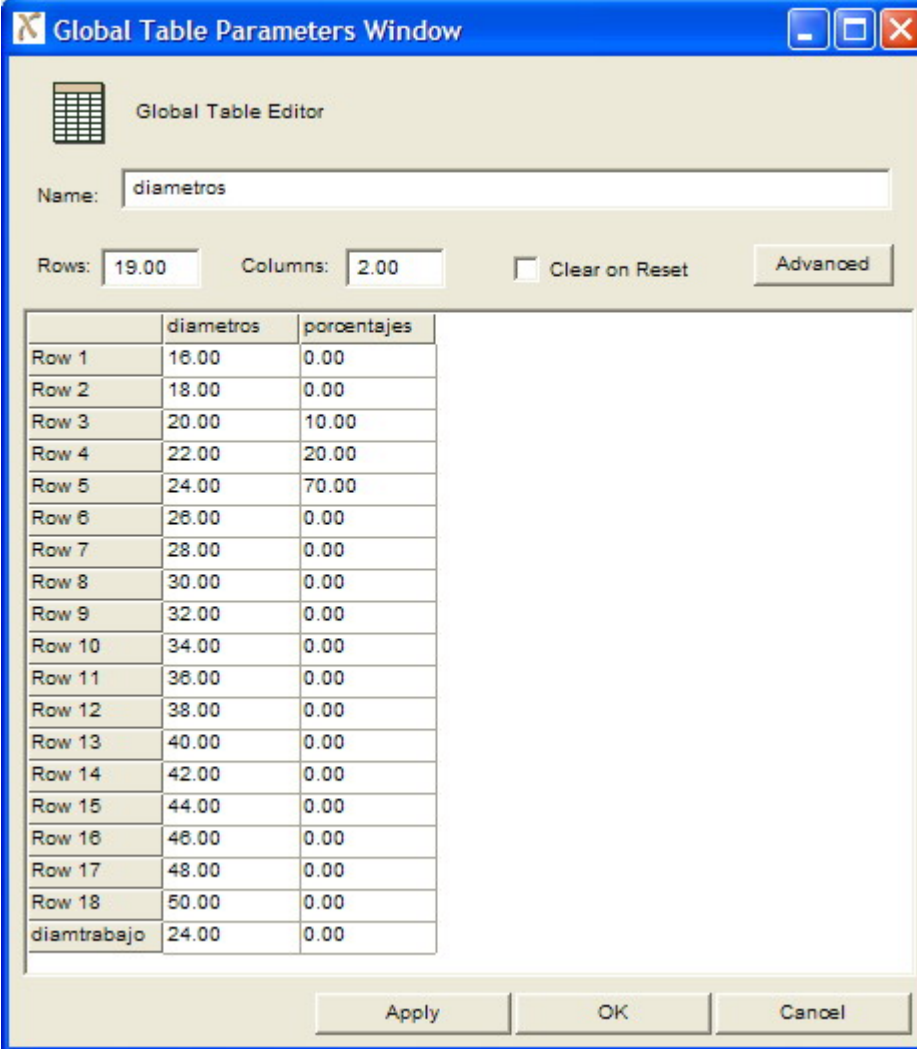


Figura 5.1. Parámetros en el Generador de Troncos.

Además, el generador de troncos tiene como función el setear el diámetro de trabajo, el cual se especifica en una tabla global denominada “diámetros”. En esta tabla, la primera columna contiene los diámetros disponibles para ingresar, ya sea troncos industriales o podados, y en la segunda línea se ingresan los porcentajes de los esquemas de corte utilizados. El generador entonces reconoce el porcentaje mayor seleccionado como el diámetro de trabajo, y los otros porcentajes son utilizados como esquemas de corte posteriormente.

Por ejemplo, según lo ingresado en la siguiente figura, el diámetro de trabajo es de troncos de 24 cm., y se utilizan esquemas de corte de entre 20 a 24 cm. (el esquema de corte de 20 un 10% de las veces, 22 un 20% de las veces y 24 un 70% de las veces). Cabe decir, que se permite el ingreso de hasta 5 esquemas de corte distintos.



The screenshot shows a software window titled "Global Table Parameters Window". Inside, there is a "Global Table Editor" section with a "Name:" field containing "diametros". Below this, there are input fields for "Rows:" (19.00) and "Columns:" (2.00), a checkbox for "Clear on Reset" (unchecked), and an "Advanced" button. The main area contains a table with two columns: "diametros" and "porcentajes". The table lists 18 rows of diameters and their corresponding percentages, plus a final row labeled "diamtrabajo".

| | diametros | porcentajes |
|-------------|-----------|-------------|
| Row 1 | 16.00 | 0.00 |
| Row 2 | 18.00 | 0.00 |
| Row 3 | 20.00 | 10.00 |
| Row 4 | 22.00 | 20.00 |
| Row 5 | 24.00 | 70.00 |
| Row 6 | 26.00 | 0.00 |
| Row 7 | 28.00 | 0.00 |
| Row 8 | 30.00 | 0.00 |
| Row 9 | 32.00 | 0.00 |
| Row 10 | 34.00 | 0.00 |
| Row 11 | 36.00 | 0.00 |
| Row 12 | 38.00 | 0.00 |
| Row 13 | 40.00 | 0.00 |
| Row 14 | 42.00 | 0.00 |
| Row 15 | 44.00 | 0.00 |
| Row 16 | 46.00 | 0.00 |
| Row 17 | 48.00 | 0.00 |
| Row 18 | 50.00 | 0.00 |
| diamtrabajo | 24.00 | 0.00 |

At the bottom of the window are "Apply", "OK", and "Cancel" buttons.

Figura 5.1. Tabla Global de Diámetros.

Desde el conveyor de entrada los troncos pasan a un stepfeeder. Este equipo sólo está representado en el modelo, pero al no contar con información precisa de

su funcionamiento se decidió setearlo con una velocidad lo suficientemente alta como para que nunca sea cuello de botella.

En el siguiente conveyer, se representa el paso del tronco a través del primer scanner que toma el diámetro del tronco y la conicidad de este. La velocidad del paso por el scanner esta dada simplemente por la velocidad del conveyer que transporta al tronco. Más adelante se hablara con respecto al comportamiento de los conveyers en general.

El tronco luego ingresa a la Turn Table (mesa giradora), la cual posiciona al tronco con la cara más pequeña apuntando hacia adelante. Hay que recordar que el 50% de los troncos van mal direccionados. El funcionamiento de este equipo, al igual que el Step Feeder, sólo esta representado en el modelo y su velocidad está seteada fija a una velocidad mayor que a la de la línea, ya que no se contaban con datos de su funcionamiento.

Desde la Turn Table, el tronco pasa a un conveyer desde el cual el tronco puede o no ser rechazado. Dado que la línea de clasificación diamétrica de la planta tiene un error del 12%, se asumió que éste también sería el porcentaje de troncos rechazados y devueltos a la clasificación.

En la siguiente imagen, podemos ver la primera parte del modelo descrita, desde el generador de trozos, hasta pasado el box de rechazo.

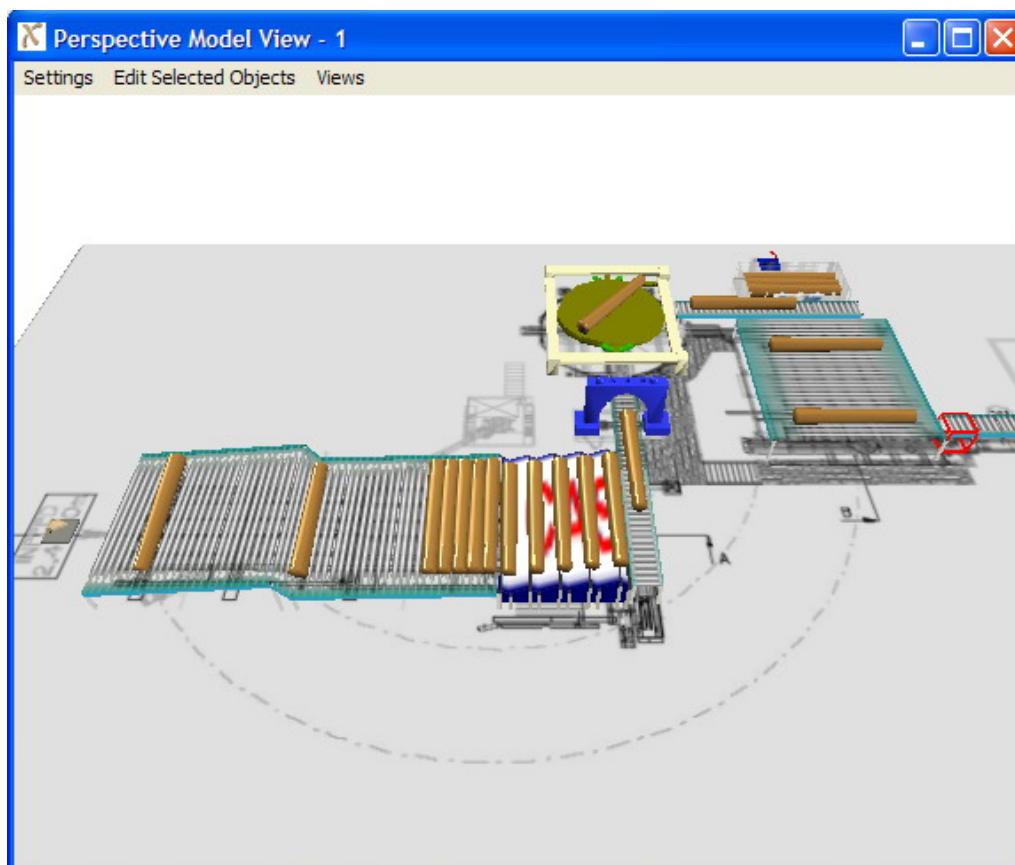


Figura 5.3. Perspectiva del modelo.

Al seguir el modelo, en el siguiente conveyor que inicia la línea central se puede ver una representación del Scanner True-Shape. Al final de este conveyor, y antes de entrar en la primera máquina de corte, también hay una representación del posicionador. Estos equipos sólo están representados en la línea y la velocidad a la que pasan los troncos es la velocidad del conveyor que los transporta.

El siguiente equipo es una Chipper Canter y Quad que funcionan como una sola máquina. Esta realiza el primer corte de laterales, el cual depende del esquema de corte asignado al tronco. Tanto la velocidad de transporte del tronco a través de la

máquina, como la cantidad de piezas que se obtienen del tronco, son seteadas en la máquina a través del uso de dos tablas globales que controlan estos parámetros (tabla “velocidades” y tabla “cortes”). Se decidió hacerlo de esta forma, ya que sería más fácil el cambio del modelo, si se hubiese necesitado probar otros esquemas de corte. Dependiendo el diámetro de los trozos, se puede ver que la máquina saca 2 o 4 laterales de cada tronco.

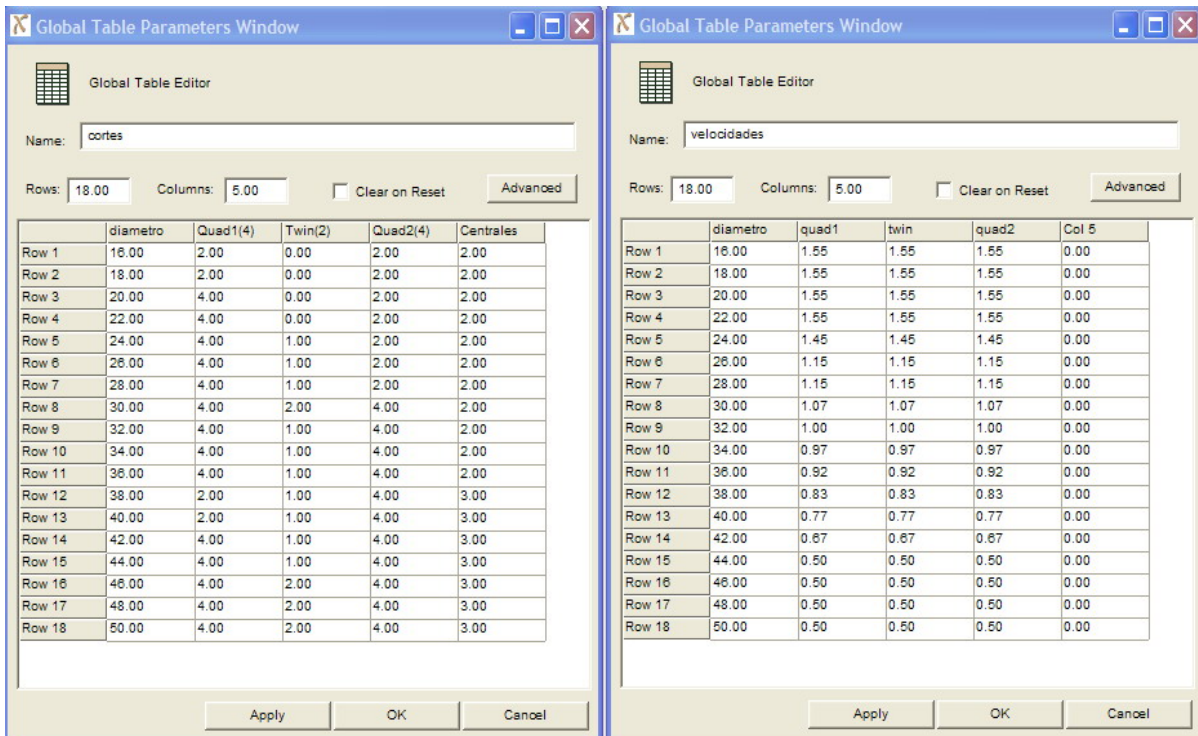


Figura 5.4. Tablas Globales de Cortes y Velocidades.

A la salida de las piezas, este objeto además cambia la representación gráfica de las entidades de trabajo (troncos). Así, las piezas que siguen por la línea central se les asigna la figura 3d de semibasas, y las piezas que van hacia las canteadoras se les asigna la figura de tablas laterales no canteadas. Esto se puede ver en la siguiente figura.

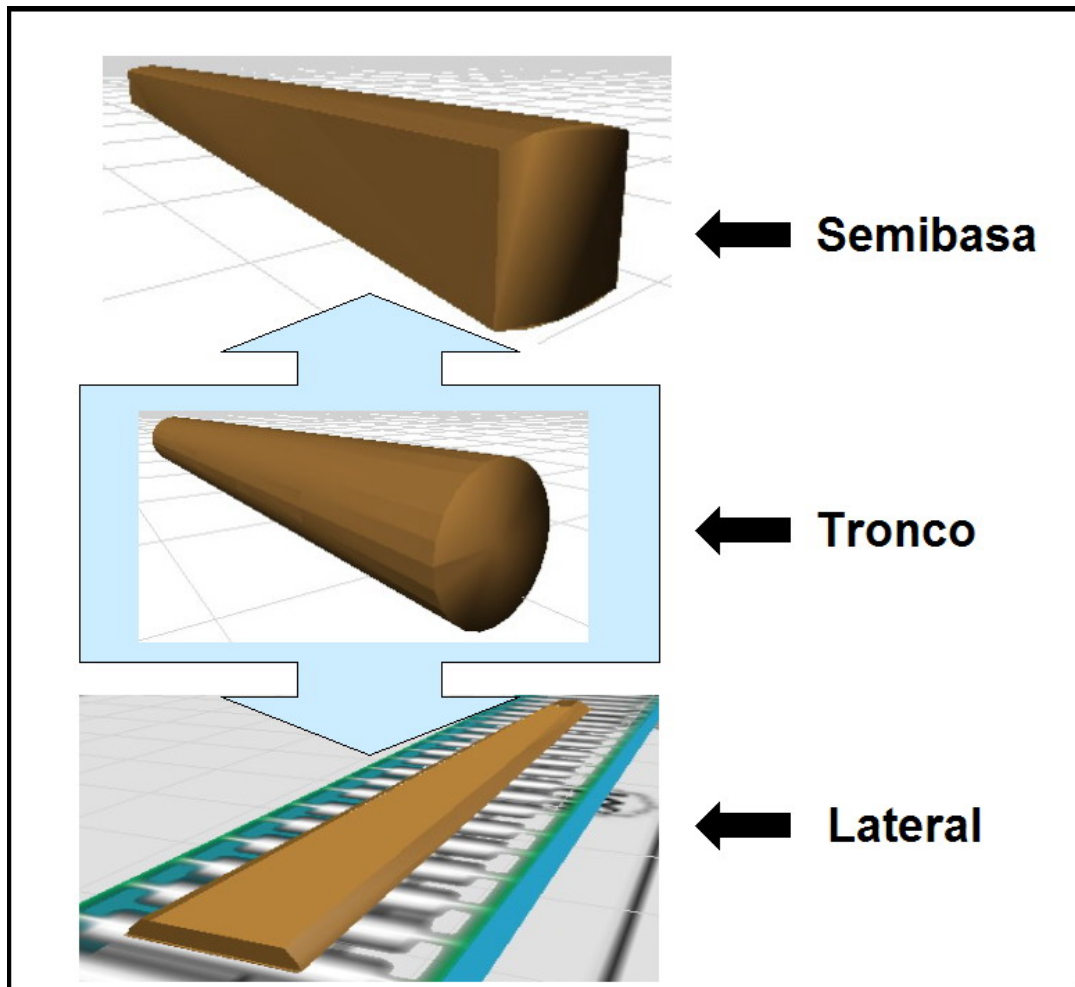


Figura 5.5. Salidas del Primer Corte, Primera Quad.

En la siguiente imagen podemos ver el modelo, desde el scanner true-shape, pasando por el posicionador y hasta la primera máquina Quad con la Chipper Canter a la entrada y la salida de semibasas y laterales.

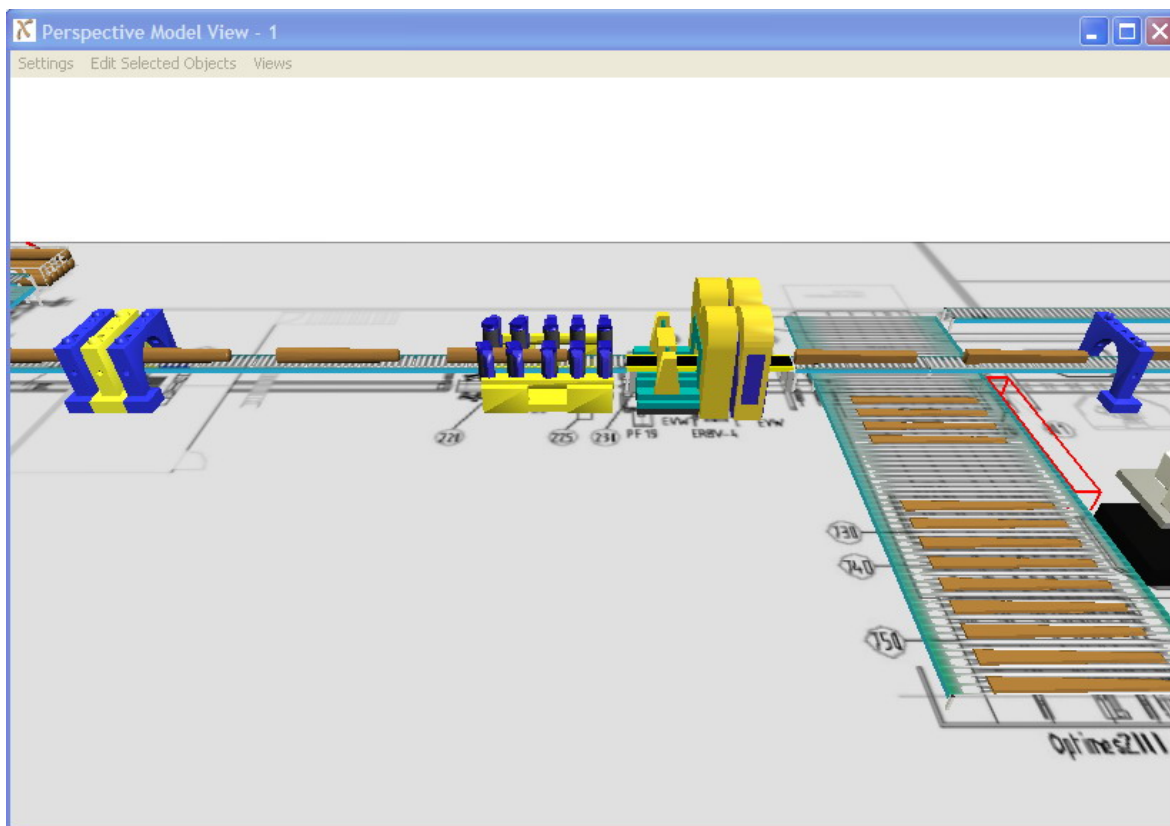


Figura 5.6. Perspectiva del Modelo.

Si se sigue la línea central, se observa que en el conveyor de salida de las semibasa del primer corte esta la representación de un scanner el cual al igual que los anteriores sólo está representado, y la velocidad de avance del tronco depende del conveyor que transporta las piezas. Cabe decir que éste es el scanner de calidad, que en el caso de los troncos podados en el sistema real, toma la decisión de un tercer corte antes de girar el tronco.

El siguiente equipo representado es la Twin, que es la encargada de sacar el tercer corte antes de girar el tronco. Al igual que la primera Quad, este equipo obtiene la cantidad de laterales a sacar de la tabla global "cortes". La máquina en el modelo puede sacar hasta 1 o 2 laterales, o simplemente no cortar y dejar pasar

la semibasa sin alteración. Las piezas laterales que salen de este equipo son enviadas a un conveyor, el cual, dependiendo del esquema de corte, envía las piezas hacia la primera canteadora, hacia la segunda o las reparte igualmente hacia las dos canteadoras.

Después del conveyor de salida de la semibasa de la máquina anterior por la línea central, hay una representación de la máquina donde se gira la semibasa, esta representación en sí no tiene ninguna funcionalidad, pero si se representa este giro el cual es realizado por el conveyor que transporta la semibasa.

Siguiendo con la línea central, luego se representa el segundo scanner true-shape, el cual al igual que los otros scanners en el modelo, sólo es una representación y no tienen funcionalidad. La velocidad de avance en el paso por el scanner depende de la velocidad del conveyor.

El siguiente equipo en la línea central, es una Chipper Canter. Esta máquina despeja la cara externa de los laterales que se sacan en la segunda Quad. Si bien esta máquina cortará en curva, no hay una representación animada de este proceso. A la salida del trozo del equipo, éste cambia la representación gráfica de la entidad a una basa. Esto se puede ver en la siguiente figura.

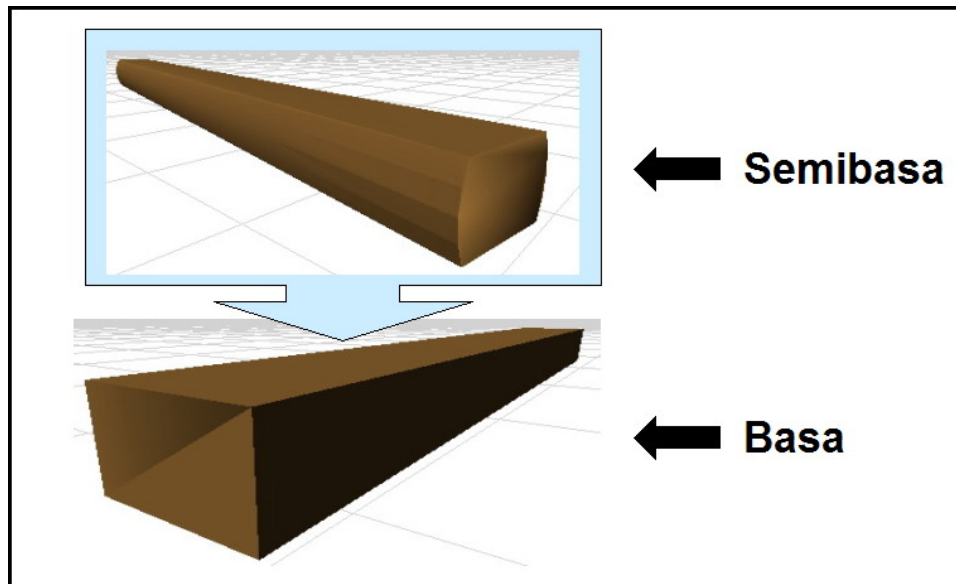


Figura 5.7. Cambio de Figura. Semibasa a Basa.

En la siguiente figura, se puede ver el modelo, desde el scanner de calidad, pasando por la twin, el girador, el scanner true-shape hasta el chipper canter.

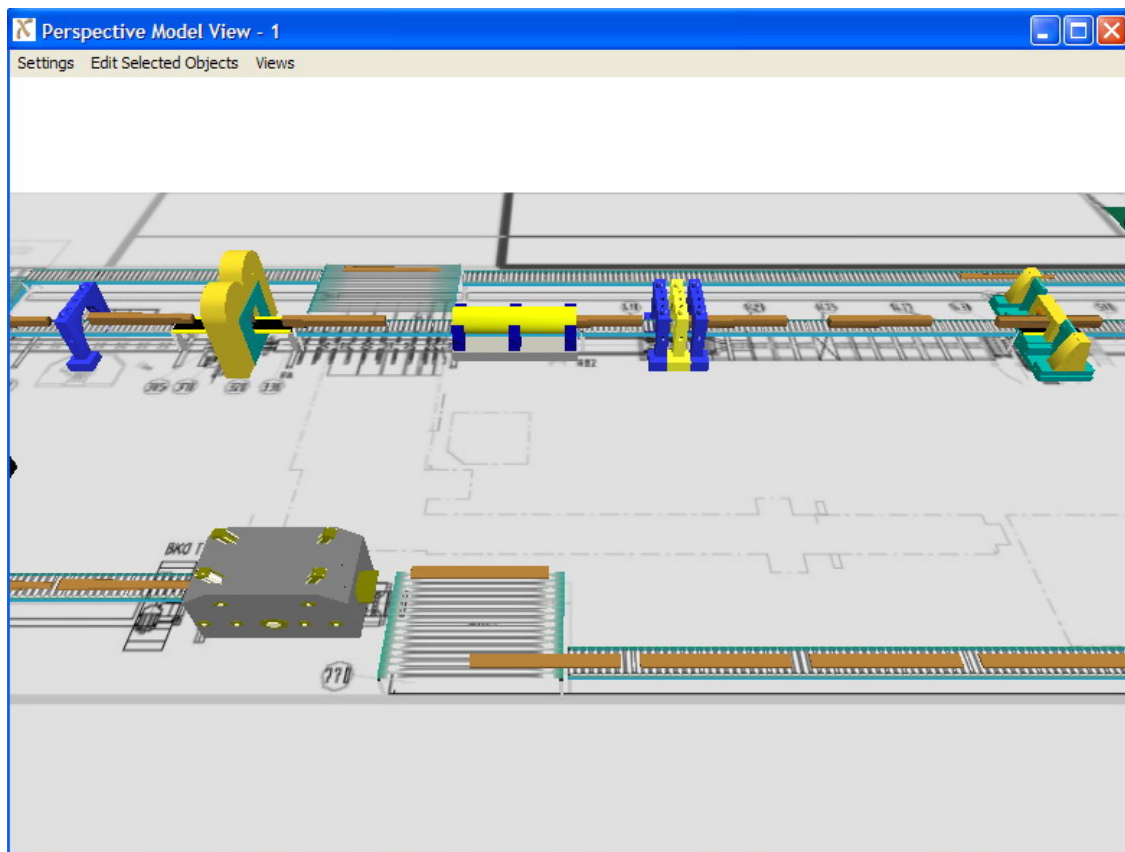


Figura 5.8. Perspectiva del Modelo.

A continuación, en el conveyor antes de entrar la basa a la segunda Quad, hay una representación de un posicionador.

En la segunda Quad, al igual que en la primera, el objeto pide la cantidad de laterales a sacar desde la tabla global "cortes". El equipo puede sacar entre 2 y 4 tablas laterales.

A la salida de las piezas, este objeto al igual que la primera Quad, cambia la representación gráfica de las entidades de trabajo (basa). Así, las piezas que siguen por la línea central se les asigna la figura 3d de centrales, y las piezas que van hacia las canteadoras se les asigna la figura de tablas laterales no canteadas.

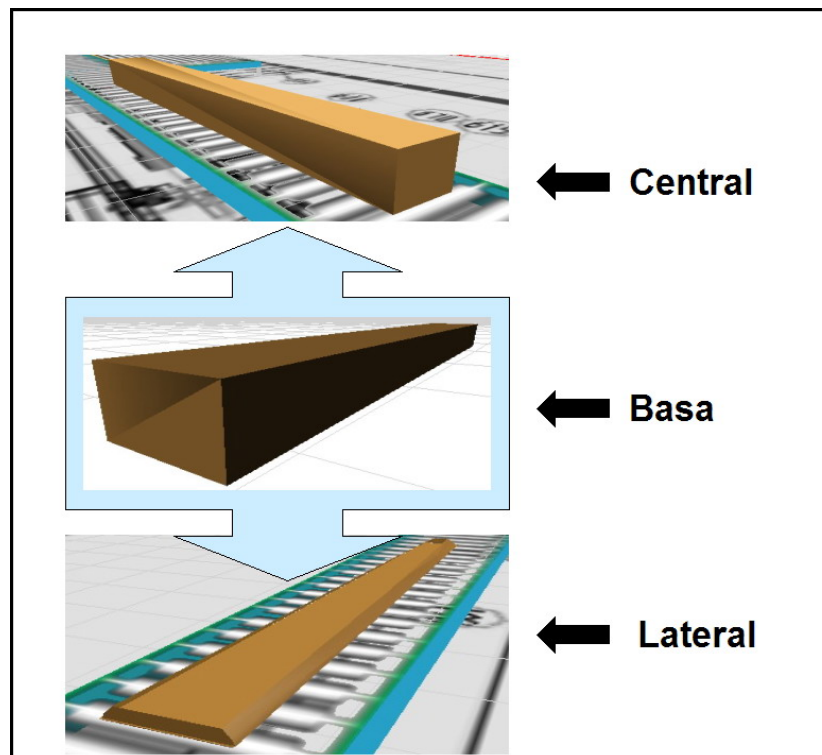


Figura 5.9. Salida del Tercer Corte, Segunda Quad.

Luego se llega al último objeto de la línea central, el cual es una sierra múltiple, que hace la desmultiplicación de los centrales. La cantidad de piezas que saca, dependen del diámetro del tronco, lo cual también se obtiene de la tabla global “cortes”. El destino de los centrales es un Sink específico, el que lleva el conteo de piezas que van saliendo y que luego de cada corrida es incorporado en el reporte. Esta máquina, como se puede ver en la siguiente figura, cambia la representación de las entidades a la salida de esta.

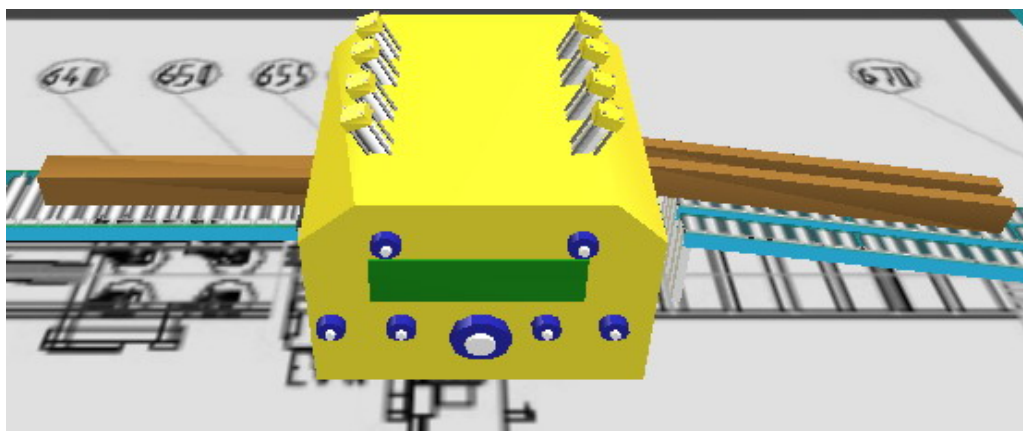


Figura 5.10. Multisierra y Desmultiplicación del Centrales.

En la siguiente figura podemos ver la representación del final de la línea central, desde la segunda Quad, pasando por el desmultiplicador y hasta los sinks de centrales y laterales. También se puede ver la segunda canteadora.

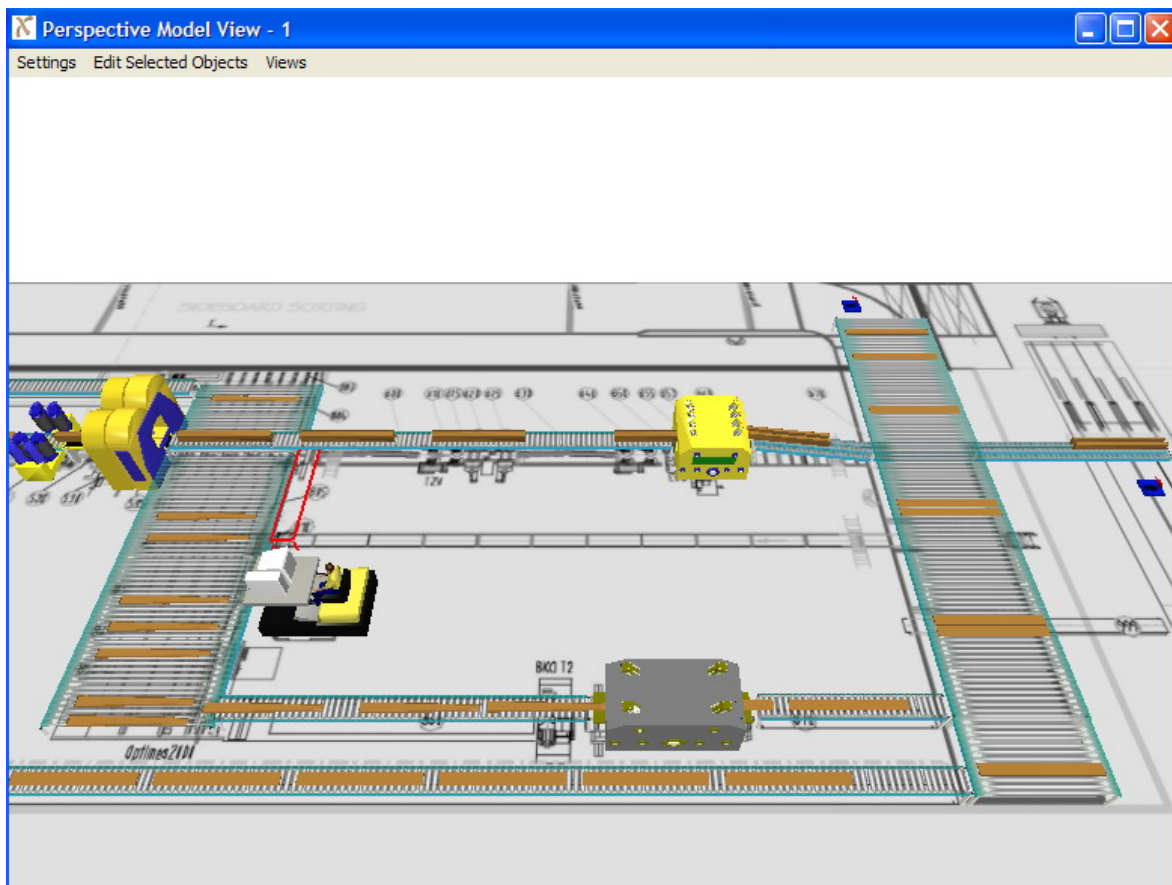


Figura 5.11. Perspectiva del Modelo.

Las piezas laterales, después de cada corte, son llevadas hacia una u otra canteadora. Estos objetos tienen una capacidad de procesamiento de 40 piezas/min si se trata de troncos industriales y de 30 piezas/min si se trata de troncos podados. A la salida del objeto, éste cambia la figura 3d de las entidades, desde un lateral no canteado a un lateral canteado, como se puede ver en la figura anterior.

Los conveyors en el modelo, pueden ser clasificados como conveyors de la línea central y conveyors de transporte de laterales.

Los conveyors de la línea central, trabajan con una velocidad y gap entre troncos constante durante cada corrida, que obtienen desde la tabla global velocidades en el momento del reset del modelo. Esto quiere decir, que si entre corridas se cambia el diámetro de trabajo, también cambiarán las velocidades de los conveyors de la línea central

Los conveyors de transporte de laterales, a diferencia de los anteriores, trabajan con una velocidad fija que es determinada por la capacidad de las canteadoras. Las velocidades de los conveyors que transportan laterales canteados también es constante y mayor a la de alimentación de las canteadoras, y se calculó en base a la capacidad de la línea de clasificación, que es de 120 piezas por minuto.

Además de todo lo anteriormente mencionado, se representaron las estaciones de trabajo de los operarios de la línea de aserrío, aunque no tienen ninguna funcionalidad para el modelo.

Aunque el modelo se trato de hacer lo más fiel a la escala posible a través del uso de la plantilla del layout, no se contaba con información sobre las alturas a las que se encontrarán los equipos, por lo que este aspecto del layout no se pudo representar.

5.2.1 Diferencias entre modelo para troncos industriales y troncos podados.

Si bien el layout de la línea de aserrío, es la misma para el trabajo con troncos industriales o podados, la lógica y parámetros de las dos líneas productivas cambian en el modelo. Por esto, una vez creado el modelo para los troncos industriales, se uso como base éste para la creación del modelo que se usaría para probar los troncos podados.

Los cambios realizados al modelo para los troncos industriales, fueron principalmente el cambio de información en las siguientes tablas globales:

- Diámetros
- Velocidades
- Gap
- Cortes

También, se debieron cambiar las velocidades y capacidades de producción de los conveyors de transporte de laterales y de las canteadoras.

Finalmente, el código que hace la consulta sobre las velocidades y gaps, tanto de los conveyors de la línea central como de las máquinas de corte, debieron ser modificadas para hacer las consulta por los respectivos diámetros de la línea de troncos podados al momento de setear sus parámetros.

5.2.2 Programación de las máquinas para línea troncos Industriales.

Para el facilitar el modelado del sistema, como ya se ha mencionado anteriormente, se utilizaron las plantillas para modelado de aserraderos desarrolladas por el CASP.

Aún cuando se facilitó en gran medida la construcción del modelo, se tuvieron que incorporar cambios a algunos de los objetos de manera de representar el funcionamiento de la línea de aserrío, estos se presentan a continuación.

En la siguiente sección, se presenta la programación que se tuvo que agregar para representar ciertos comportamientos del sistema, ya que no estaba parametrizado en las plantillas.

5.2.2.1 Generador de troncos.

Al generador de troncos se le debió agregar código, de manera que obtenga los diámetros de esquemas de corte y diámetro de trabajo de la tabla “diámetros”.

En el momento de reset, el objeto obtiene los porcentajes de esquemas de corte que se asignarán a los troncos, y reconoce el diámetro mayor como el diámetro de trabajo.

Código del generador de troncos para obtener diámetro de trabajo y porcentajes de esquemas de corte. Agregado en "On Reset"

```
fsnode *current = ownerobject(c);
```

```
//toma valores de tabla
```

```
int test = 1;
int paso = 0;
int b = 0;
int por = 0;
int diam = 0;
int por1 = 0;
int por2 = 0;
int por3 = 0;
int por4 = 0;
int por5 = 0;
int mayor = 0;
int diammayor;
setlabelnum(current, "porcentaje1", 0);
setlabelnum(current, "porcentaje2", 0);
setlabelnum(current, "porcentaje3", 0);
setlabelnum(current, "porcentaje4", 0);
setlabelnum(current, "porcentaje5", 0);
```

```
while(test < 18)
{paso = gettablenum("diametros", test, 2);
if(paso == 0)
{b = test;
test = b + 1;
} else
{por=getlabelnum(current, "porcentaje1");
if(por == 0)
{setlabelnum(current, "porcentaje1", paso);
diam = gettablenum("diametros", test, 1);
setlabelnum(current, "diametro1", diam);
b = test;
test = b + 1;
} else
{por=getlabelnum(current, "porcentaje2");
if(por == 0)
{setlabelnum(current, "porcentaje2", paso);
diam = gettablenum("diametros", test, 1);
setlabelnum(current, "diametro2", diam);
b = test;
test = b + 1;
} else
{por=getlabelnum(current, "porcentaje3");
if(por == 0)
{setlabelnum(current, "porcentaje3", paso);
diam = gettablenum("diametros", test, 1);
setlabelnum(current, "diametro3", diam);
b = test;
test = b + 1;
} else
{por=getlabelnum(current, "porcentaje4");
if(por == 0)
{setlabelnum(current, "porcentaje4", paso);
diam = gettablenum("diametros", test, 1);
setlabelnum(current, "diametro4", diam);
b = test;
test = b + 1;
} else
{por=getlabelnum(current, "porcentaje5");
if(por == 0)
{setlabelnum(current, "porcentaje5", paso);
diam = gettablenum("diametros", test, 1);
setlabelnum(current, "diametro5", diam);
b = test;
test = b + 1;
} else { return(0);
}
}}}});
```

```
//Determina porcentaje mayor y lo anota como diametro de trabajo
```

```
por1 = getlabelnum(current, "porcentaje1");
por2 = getlabelnum(current, "porcentaje2");
por3 = getlabelnum(current, "porcentaje3");
por4 = getlabelnum(current, "porcentaje4");
por5 = getlabelnum(current, "porcentaje5");

if(por1 > por2)
{if(por1 > por3)
{if(por1 > por4)
{if(por1 > por5)
{mayor = por1;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro1");
} else { mayor = por5;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro5");
} else
{if(por4 > por5)
{mayor = por4;
diammayor =
getlabelnum(current, "diametro4");
} else {mayor = por5;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro5");
}
} else
{if(por3 > por4)
{if(por3 > por5)
{mayor = por3;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro3");
} else { mayor = por5;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro5");
} else
{if(por4 > por5)
{mayor = por4;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro4");
} else { mayor = por5;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro5");}}}
} else
{if(por2 > por3)
{if (por2 > por4)
{if(por2 > por5)
{ mayor = por2;
diammayor =
getlabelnum(current, "diametro2");
} else { mayor = por5;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro5");
} else
{if(por4 > por5)
{ mayor = por4;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro4");
} else { mayor = por5;
diammayor =
getlabelnum(current, "diametro5");
}
} else
{if(por3 > por4)
{if(por3 > por5)
{ mayor = por3;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro3");
} else { mayor = por5;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro5");
} else
{if(por4 > por5)
{ mayor = por4;
diammayor = getlabelnum(current, "diametro4");
} else { mayor = por5;
diammayor =
getlabelnum(current, "diametro5");
}
}}
setlabelnum(current, "porcentajemayor", mayor);
setlabelnum(current, "diametromayor", diammayor);
settablenum("diametros", 19, 1, diammayor);
```

Luego se presenta la programación que se incorporó para que el generador de troncos incorpore los esquemas de diferentes diámetros, de acuerdo a lo programado.

Código en el generador, que asigna los esquemas de corte (diámetros) en los troncos mediante un label. Agregado en “On creation”.

```

fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);
int rownumber = parval(2);
//Assign

fsnode* involved =item;
char* labelname ="diametro" ;

double value = uniform(1,100) ;

double por1 = getlabelnum(current , "porcentaje1");
int dia1=getlabelnum(current , "diametro1");
double por2 = getlabelnum(current , "porcentaje2");
int dia2=getlabelnum(current , "diametro2");
double por3 = getlabelnum(current , "porcentaje3");
int dia3=getlabelnum(current , "diametro3");
double por4 = getlabelnum(current , "porcentaje4");
int dia4=getlabelnum(current , "diametro4");
double por5 = getlabelnum(current , "porcentaje5");
int dia5=getlabelnum(current , "diametro5");

por2 = por1 + por2 ;

por3 = por2 + por3 ;
por4 = por3 + por4 ;
por5 = 100 ;

if(value <= por1)
{setlabelnum(involved, labelname, dia1 ) ;
}
else
{ if(value <= por2)
{setlabelnum(involved, labelname, dia2 ) ;
}
else
{ if(value <= por3)
{setlabelnum(involved, labelname, dia3 ) ;
}
else
{ if(value <= por4)
{setlabelnum(involved, labelname, dia4 ) ;
}
else
{ setlabelnum(involved, labelname, dia5 ) ;
}}}}

```

5.2.2.2 Twin y Quads.

El código que se agrego a las quads, principalmente se debió a que originalmente éstas están diseñadas para trabajar con porcentajes para los distintos cortes cuando en realidad en este sistema los cortes dependían de una característica de los troncos (su diámetro), lo mismo sucedió con la velocidad de avance de estos objetos.

Así entonces, se debieron cambiar las velocidad de avance, la cantidad de piezas y el flujo de las piezas por los distintos puertos para la representación de la línea.

Código segunda Quad, para definir el número de piezas que se cortan según el diámetro. Agregado en “Split Quantity”.

```

fsnode* item = pnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);

//Split (or Unpack) quantity of

int test = getlabelnum( item,"diametro");

if (test == 24)
{
int cort = getlabelnum("cortes",1,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 26)
{int cort = getlabelnum("cortes",2,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 28)
{int cort = getlabelnum("cortes",3,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 30)
{int cort = getlabelnum("cortes",4,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 32)
{int cort = getlabelnum("cortes",5,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 34)
{int cort = getlabelnum("cortes",6,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 36)
{int cort = getlabelnum("cortes",7,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 38)
{int cort = getlabelnum("cortes",8,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 40)
{int cort = getlabelnum("cortes",9,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 42)
{int cort = getlabelnum("cortes",10,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 44)
{int cort = getlabelnum("cortes",11,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 46)
{int cort = getlabelnum("cortes",12,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 48)
{int cort = getlabelnum("cortes",13,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 50)
{int cort = getlabelnum("cortes",14,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 52)
{int cort = getlabelnum("cortes",15,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 54)
{int cort = getlabelnum("cortes",16,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 56)
{int cort = getlabelnum("cortes",17,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 58)
{int cort = getlabelnum("cortes",18,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else {return 1;}
}}}}}}}}}}}}}}

```

Como se puede ver al comparar la programación de este objeto, lo único que cambia es la columna de donde se obtiene la cantidad de piezas a cortar, mediante la función getlabelnum.

Código de la Twin, para definir el número de piezas que se cortan según el diámetro. Agregado en "Split Quantity".

```
fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);
//Etiqueta con Split

addlabel(current, "cant");
int test = gettablenum( item, "diametro");
if (test == 16)
{int cort = gettablenum("cortes",1,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 18)
{int cort = gettablenum("cortes",2,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 20)
{int cort = gettablenum("cortes",3,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 22)
{int cort = gettablenum("cortes",4,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 24)
{int cort = gettablenum("cortes",5,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 26)
{int cort = gettablenum("cortes",6,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 28)
{int cort = gettablenum("cortes",7,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 30)
{int cort = gettablenum("cortes",8,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 32)
{int cort = gettablenum("cortes",9,3) +1;
```

```
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 34)
{int cort = gettablenum("cortes",10,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 36)
{int cort = gettablenum("cortes",11,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 38)
{int cort = gettablenum("cortes",12,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 40)
{int cort = gettablenum("cortes",13,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 42)
{int cort = gettablenum("cortes",14,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 44)
{int cort = gettablenum("cortes",15,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 46)
{int cort = gettablenum("cortes",16,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 48)
{int cort = gettablenum("cortes",17,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 50)
{int cort = gettablenum("cortes",18,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else {return 1;}}}}}}}}}}}}}}}
```

A continuación se presenta el código que determina el flujo de piezas a los distintos puertos de salida del objeto, éste es igual para las dos Quad, ya que sacan pueden sacar entre 2 y 4 tablas.

Código para setear el flujo de piezas a través de los puertos, para Quad1 y Quad2.

Agregado en "Send to port:".

```

fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);

//Consulta cantidad de piezas y flujo
const int nrofports = 3;

// Un central y 2 laterales
if(getlabelnum(current, "cant") == 3)
{
    unsigned int sendarray[nrofports] = {1, 1, 1};
    FixedResource* thisobject = &o(FixedResource, current);
    fsnode* curlabel;
    if(getnodenum(stats_output(current)) == 0 && thisobject->v_nreleased == 0 && thisobject->v_nrofransportsout == 0)
    {
        addlabel(current, "frtotalreleased");
        setlabelnum(current, "frtotalreleased", 0);
    }
    curlabel = label(current, "frtotalreleased");
    inc(curlabel, 1);
    int cumulative = 0;
    unsigned int cumarray[nrofports];
    int index;
    for(index = 0; index < nrofports; index++)
    {
        cumulative += sendarray[index];
        cumarray[index] = cumulative;
    }

    int releasenum = ((int)(getnodenum(curlabel) - 1)) % cumulative;
    for(index = 0; index < nrofports; index++)

```

```

    if(cumarray[index] > releasenum) return index + 1;
    return 1;
}

// Un central y 4 laterales
if(getlabelnum(current, "cant") == 5)
{
    unsigned int sendarray[nrofports] = {1, 2, 2};
    FixedResource* thisobject = &o(FixedResource, current);
    fsnode* curlabel;
    if(getnodenum(stats_output(current)) == 0 && thisobject->v_nreleased == 0 && thisobject->v_nrofransportsout == 0)
    {
        addlabel(current, "frtotalreleased");
        setlabelnum(current, "frtotalreleased", 0);
    }
    curlabel = label(current, "frtotalreleased");
    inc(curlabel, 1);
    int cumulative = 0;
    unsigned int cumarray[nrofports];
    int index;
    for(index = 0; index < nrofports; index++)
    {
        cumulative += sendarray[index];
        cumarray[index] = cumulative;
    }
    int releasenum = ((int)(getnodenum(curlabel) - 1)) % cumulative;
    for(index = 0; index < nrofports; index++)
        if(cumarray[index] > releasenum) return index + 1;
    return 1;
}

```

Código para setear el flujo de piezas a través de los puertos, para la Twin.

Agregado en “Send to port.”.

```

fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);

//flujo de acuerdo a cantidad de piezas
const int nrofports = 3;

// Un central
if(getlabelnum(current, "cant") == 1)
{unsigned int sendarray[nrofports] = {1, 0, 0 };
FixedResource* thisobject = &o(FixedResource, current);
fsnode* curlabel;
if(getnodenum(stats_output(current)) == 0 && thisobject-
>v_nrreleased == 0 && thisobject->v_nroftransportsout == 0)
{ addlabel(current, "frtotalreleased");
setlabelnum(current, "frtotalreleased", 0);
}
curlabel = label(current, "frtotalreleased");
inc(curlabel, 1);
int cumulative = 0;
unsigned int cumarray[nrofports];
int index;
for(index = 0; index < nrofports; index++)
{ cumulative += sendarray[index];
cumarray[index] = cumulative;
}
int releasenum = ((int)(getnodenum(curlabel) - 1)) % cumulative;
for(index = 0; index < nrofports; index++)
if(cumarray[index] > releasenum) return index + 1;
return 1;
}

// Un central y un lateral
if(getlabelnum(current, "cant") == 2)
{unsigned int sendarray[nrofports] = {1, 1, 0 };
FixedResource* thisobject = &o(FixedResource, current);
fsnode* curlabel;
if(getnodenum(stats_output(current)) == 0 && thisobject-
>v_nrreleased == 0 && thisobject->v_nroftransportsout == 0)
{ addlabel(current, "frtotalreleased");
setlabelnum(current, "frtotalreleased", 0);
}
}

}
curlabel = label(current, "frtotalreleased");
inc(curlabel, 1);
int cumulative = 0;
unsigned int cumarray[nrofports];
int index;
for(index = 0; index < nrofports; index++)
{ cumulative += sendarray[index];
cumarray[index] = cumulative;
}
int releasenum = ((int)(getnodenum(curlabel) - 1)) % cumulative;
for(index = 0; index < nrofports; index++)
if(cumarray[index] > releasenum) return index + 1;
return 1;
}

// Un central y dos laterales
if(getlabelnum(current, "cant") == 3)
{unsigned int sendarray[nrofports] = {1, 1, 1 };
FixedResource* thisobject = &o(FixedResource, current);
fsnode* curlabel;
if(getnodenum(stats_output(current)) == 0 && thisobject-
>v_nrreleased == 0 && thisobject->v_nroftransportsout == 0)
{ addlabel(current, "frtotalreleased");
setlabelnum(current, "frtotalreleased", 0);
}
}
curlabel = label(current, "frtotalreleased");
inc(curlabel, 1);
int cumulative = 0;
unsigned int cumarray[nrofports];
int index;
for(index = 0; index < nrofports; index++)
{ cumulative += sendarray[index];
cumarray[index] = cumulative;
}
int releasenum = ((int)(getnodenum(curlabel) - 1)) % cumulative;
for(index = 0; index < nrofports; index++)
if(cumarray[index] > releasenum) return index + 1;
return 1;
}

```

A continuación se presenta la programación para setear la velocidad de la máquina, de acuerdo al esquema de corte que se está utilizando para determinado diámetro. Este es igual para las tres máquinas de corte (Quad1, Twin y Quad2), ya que no hay información para hacer un desgloce en las velocidades de avance de la línea central. En caso de cambiar de obtenerse esta información, bastaría cambiar el numero de las columnas en las consultas de cada máquina y agregar las velocidades en la tabla global “velocidades”.

5.2.2.3 Sinks.

En los Sinks o salidas de centrales y laterales se agregó un label a modo de contador el cual fue agregado a los informes de cada corrida.

Código para ir actualizando el label que lleva el conteo de piezas que van saliendo del sistema. Agregado en “On Entry”.

```
fsnode* item = parnode(1);  
fsnode* current = ownerobject(c);  
unsigned int port = (unsigned int) parval(2);  
  
setlabelnum(current,"conteo",getlabelnum(current,"conteo")+1);// contando piezas de salida
```

Además en este contador debe volver a cero después de cada corrida, esto lo hace el siguiente código.

Código para volver a cero el contador de salida de piezas. Agregado en “On Reset”.

```
fsnode *current = ownerobject(c);  
setlabelnum(current,"conteo",0);// reseteando piezas de salida
```

5.2.3 Programación de las máquinas para línea troncos Podados.

Como ya se menciona anteriormente, los cambios realizados al modelo para el trabajo con troncos industriales y podados, se basan principalmente en el cambio de tablas globales, y en las consultas para obtener la información de las tablas.

A continuación se presentarán los cambios realizados en la programación de las máquinas que difieren con la programación del modelo para troncos industriales. Cabe mencionar que el generador de troncos y los Sinks o salidas de piezas son exactamente iguales en los dos modelos.

Los cambios que se presentan a continuación son básicamente cambios en las consultas de acuerdo a los diámetros utilizados en el trabajo con troncos podados, pero la lógica de la programación con respecto al modelo que trabaja con troncos industriales, es la misma. Por lo anterior, no se hace un nuevo análisis de lo que hace cada trozo de programación, ya que esto está dicho en el análisis del modelo para troncos industriales.

5.2.3.1 Twin y Quads.

Código Primera Quad, para definir el número de piezas que se cortan, según el diámetro. Agregado en "Split Quantity".

```

fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);

//Split (or Unpack) quantity of

int test = getlabelnum( item,"diametro");
if (test == 24)
{int cort = gettablenum("cortes",1,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 26)
{int cort = gettablenum("cortes",2,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 28)
{int cort = gettablenum("cortes",3,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 30)
{int cort = gettablenum("cortes",4,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 32)
{int cort = gettablenum("cortes",5,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 34)
{int cort = gettablenum("cortes",6,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 36)
{int cort = gettablenum("cortes",7,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 38)
{int cort = gettablenum("cortes",8,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 40)
{int cort = gettablenum("cortes",9,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 42)
{int cort = gettablenum("cortes",10,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 44)
{int cort = gettablenum("cortes",11,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 46)
{int cort = gettablenum("cortes",12,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 48)
{int cort = gettablenum("cortes",13,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 50)
{int cort = gettablenum("cortes",14,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 52)
{int cort = gettablenum("cortes",15,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 54)
{int cort = gettablenum("cortes",16,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 56)
{int cort = gettablenum("cortes",17,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 58)
{int cort = gettablenum("cortes",18,2) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else {return 1;}}}}}}}}}}}}}}}}}}

```

Código segunda Quad, para definir el número de piezas que se cortan según el diámetro. Agregado en "Split Quantity".

```
fsnode* item = pnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);

//Split (or Unpack) quantity of

int test = gettablenum( item, "diametro");
if (test == 24)
{int cort = gettablenum("cortes",1,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 26)
{int cort = gettablenum("cortes",2,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 28)
{int cort = gettablenum("cortes",3,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 30)
{int cort = gettablenum("cortes",4,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 32)
{int cort = gettablenum("cortes",5,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 34)
{int cort = gettablenum("cortes",6,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 36)
{int cort = gettablenum("cortes",7,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 38)
{int cort = gettablenum("cortes",8,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 40)
{int cort = gettablenum("cortes",9,4) +1;
```

```
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 42)
{int cort = gettablenum("cortes",10,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 44)
{int cort = gettablenum("cortes",11,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 46)
{int cort = gettablenum("cortes",12,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 48)
{int cort = gettablenum("cortes",13,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 50)
{int cort = gettablenum("cortes",14,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 52)
{int cort = gettablenum("cortes",15,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 54)
{int cort = gettablenum("cortes",16,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 56)
{int cort = gettablenum("cortes",17,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 58)
{int cort = gettablenum("cortes",18,4) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else {return 1;}}}}}}}}}}}}}}}}}}
```

Código Twin, para definir el número de piezas que se cortan según el diámetro.

Agregado en “Split Quantity”.

```
fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);

//Split (or Unpack) quantity of

int test = gettablenum( item,"diametro");
if (test == 24)
{int cort = gettablenum("cortes",1,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 26)
{int cort = gettablenum("cortes",2,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 28)
{int cort = gettablenum("cortes",3,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 30)
{int cort = gettablenum("cortes",4,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 32)
{int cort = gettablenum("cortes",5,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 34)
{int cort = gettablenum("cortes",6,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 36)
{int cort = gettablenum("cortes",7,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 38)
{int cort = gettablenum("cortes",8,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 40)
{int cort = gettablenum("cortes",9,3) +1;
```

```
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 42)
{int cort = gettablenum("cortes",10,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 44)
{int cort = gettablenum("cortes",11,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 46)
{int cort = gettablenum("cortes",12,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 48)
{int cort = gettablenum("cortes",13,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 50)
{int cort = gettablenum("cortes",14,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 52)
{int cort = gettablenum("cortes",15,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 54)
{int cort = gettablenum("cortes",16,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 56)
{int cort = gettablenum("cortes",17,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else
{if (test == 58)
{int cort = gettablenum("cortes",18,3) +1;
setlabelnum(current, "cant", cort);
return cort;
}else {return 1;}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}
```

El código que controla el flujo de las piezas hacia cada puerto, es el mismo que en el modelo de troncos industriales para las tres máquinas de corte (Twin, Quad 1 y Quad 2).

5.2.3.2 Conveyors.

Código para el cambio de velocidades por diámetro de trabajo en los conveyors de

la línea central. Agregado en “On Reset”.

```
fsnode *current = ownerobject(c);
```

```
int diam = gettablenum("diametros",19, 1);
if (diam == 24)
{double vel = gettablenum("velocidades",1,2);
double gap = gettablenum("Gap",1,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 26)
{double vel = gettablenum("velocidades",2,2);
double gap = gettablenum("Gap",2,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 28)
{double vel = gettablenum("velocidades",3,2);
double gap = gettablenum("Gap",3,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 30)
{double vel = gettablenum("velocidades",4,2);
double gap = gettablenum("Gap",4,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 32)
{double vel = gettablenum("velocidades",5,2);
double gap = gettablenum("Gap",5,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 34)
{double vel = gettablenum("velocidades",6,2);
double gap = gettablenum("Gap",6,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 36)
{double vel = gettablenum("velocidades",7,2);
double gap = gettablenum("Gap",7,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 38)
{double vel = gettablenum("velocidades",8,2);
double gap = gettablenum("Gap",8,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 40)
{double vel = gettablenum("velocidades",9,2);
double gap = gettablenum("Gap",9,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 42)
{double vel = gettablenum("velocidades",10,2);
double gap = gettablenum("Gap",10,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 44)
{double vel = gettablenum("velocidades",11,2);
double gap = gettablenum("Gap",11,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 46)
```

```
{double vel = gettablenum("velocidades",12,2);
double gap = gettablenum("Gap",12,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 48)
{double vel = gettablenum("velocidades",13,2);
double gap = gettablenum("Gap",13,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 50)
{double vel = gettablenum("velocidades",14,2);
double gap = gettablenum("Gap",14,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 52)
{double vel = gettablenum("velocidades",15,2);
double gap = gettablenum("Gap",15,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 54)
{double vel = gettablenum("velocidades",16,2);
double gap = gettablenum("Gap",16,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 56)
{double vel = gettablenum("velocidades",17,2);
double gap = gettablenum("Gap",17,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else
{if (diam == 58)
{double vel = gettablenum("velocidades",18,2);
double gap = gettablenum("Gap",18,2);
setnodenum( var_s(current,"speed"),vel);
setnodenum( var_s(current,"spacing"),gap);
}else {return 1;}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}}
```

5.3 Problemas en el modelamiento.

Si bien la creación de un modelo de simulación en Flexsim puede ser relativamente simple, y la tarea de modelado con el uso de las plantillas desarrolladas para modelar aserraderos hace aún más fácil este proceso, todavía hay problemas que deben ser considerados al momento de creación del modelo.

A continuación se listan los problemas identificados que deben ser considerados al momento de crear un modelo en Flexsim, y los problemas relacionados con los objetos utilizados de las plantillas desarrolladas para el modelamiento de aserraderos.

- **Traslado de objetos al pasar de un conveyor transversal, hacia uno paralelo a la línea central.**

Esto se pudo apreciar en el modelo, en las partes en que los laterales pasan desde los conveyors de salida de laterales de la quad, hacia el conveyor de alimentación de la canteadora. Flexsim considera que en el instante en que el lateral entra al conveyor de alimentación de la canteadora, el espacio que este ocupaba en el conveyor anterior está completamente libre, por lo que sigue avanzando el lateral siguiente en el conveyor de salida de la quad y en la animación se observa un traslapeo entre estos dos objetos, es decir, se sobrepone la imagen del objeto que todavía va saliendo de un conveyor sobre el que va avanzando en el final del mismo. A continuación se puede apreciar este problema en la siguiente figura.

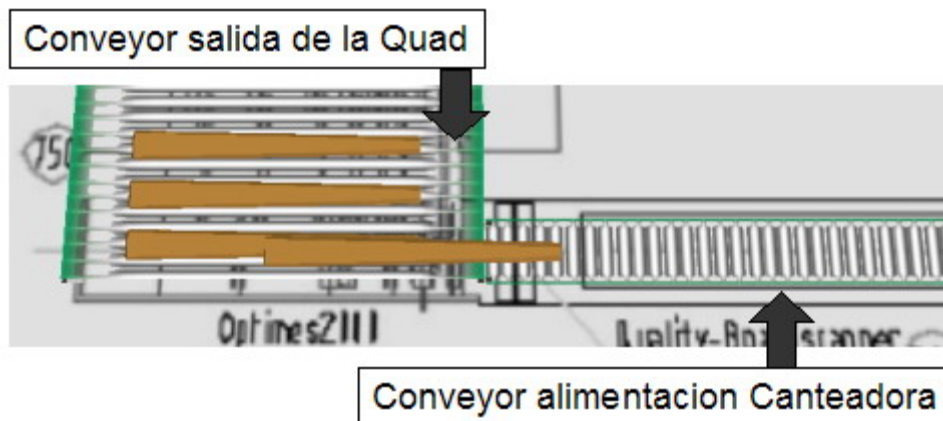


Figura 5.12. Traslapeo de Laterales.

Para solucionar este problema en la visualización, se sugiere utilizar un conveyor falso del largo del conveyor de salida de la quad, de manera que nunca se produzca este traslapeo entre los laterales consecutivos. Otra forma un poco más compleja, sería agregando un conveyor de paso entre el conveyor de salida de la quad y el de alimentación de la canteadora; y programar un delay en el momento en que cada trozo salga de este conveyor de paso hacia el de alimentación, de manera que de tiempo suficiente para que avance el lateral antes de aceptar que entre el siguiente. La primera solución propuesta se puede ver en la siguiente figura.

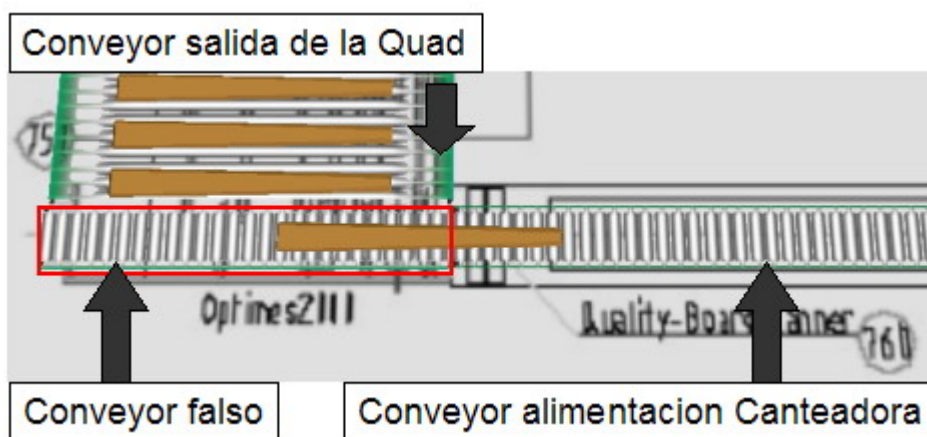


Figura 5.13. Solución al Traslapeo de Laterales.

- **Problema de acumulación de estadísticas de las Quads, en la salida de laterales.**

Para representar las Quads en el modelo, se utilizaron las templates de las Vertical Saw y se les agregaron objetos visuales 3d para representarlas. El problema en la acumulación de las estadísticas de estado de la máquina (Utilización, bloqueo y sin trabajo), ocurría en el corte de cada trozo en que se sacarán 4 laterales, ya que dada las velocidades de avance de los conveyors que transportaban los laterales desde la quad, ocurría un pequeño lapso de tiempo entre la salida de los 2 laterales exteriores y los 2 interiores, este lapso de tiempo se registraba como bloqueo de la máquina. Si bien este tiempo de bloqueo era muy pequeño en cada corte la acumulación durante un turno de trabajo hacía que el porcentaje de tiempo en que la máquina estaba bloqueada aumentara entre un 5% y un 7% dependiendo el diámetro de trabajo.

Para Solucionar este problema se agregaron 2 colas hacia donde salían los laterales desde la quad, antes de que estos salieran hacia el conveyor de salida de la quad. De esta forma, al irse hacia una cola, los laterales salen instantáneamente desde la quad y no hay un tiempo de bloqueo entre la salida de los primeros dos laterales y los siguientes.

Cabe decir que este problema no ocurre al utilizar las Vertical Saw como Twins, donde se corten máximo dos laterales y estos sean enviados a dos conveyors distintos, pero si ocurre cuando estos son enviados a un mismo conveyor.

- **Problema al variar la cantidad de laterales que salen de una máquina de corte durante una corrida.**

Ocurrió durante la verificación del modelo, que a veces desaparecían basas y semibasas después de pasar el trozo por una máquina de corte. Esto ocurría ya que la cantidad de piezas que salían de una máquina dependía de una etiqueta de cada entidad (label “diámetro” en los troncos), y no de un porcentaje como originalmente era la opción programada en las máquinas, ésto producía un error en el momento de hacer el ruteo de las piezas a los distintos puertos, por lo que a veces, en los casos en que de una pieza salían dos laterales en vez de cuatro, la pieza central (basa o semibasa dependiendo el caso), era enviado a un puerto de salida de laterales.

Esto se solucionó cambiando la opción de ruteo de las piezas a los diferentes puertos (Flow Saw) y diferenciando entre los casos, de acuerdo a la cantidad de laterales que salen de cada trozo. Esto se puede ver en los puntos anteriores de este capítulo, donde se muestra la programación de las máquinas.

- **Problema de acumulación de estadísticas de los conveyors.**

En Flexsim, cuando el extremo de las entidades que son transportados en conveyors llegan al final de éste, se considera que la pieza ya está fuera del conveyor sin importar la longitud de la pieza. Por esto ocurre que cuando hay una unión entre dos conveyors consecutivos que van en una misma dirección, que transportan entidades relativamente largos como laterales o troncos, en el instante en que la entidad inicia su paso por segundo conveyor, el primer conveyor se considera como vacío o por lo menos que ya no es ocupado por esta entidad, aún

cuando visualmente parte de la entidad se vea sobre el primer conveyor. La estadística de estado del conveyor es tomado de la misma forma y aunque visualmente se vea que parte de una pieza todavía en éste, el estado de la máquina es vacío o sin trabajo (Idle).

Esto mismo ocurre con las máquinas de corte de las templates, que ocupan una variable velocidad en el transporte de las piezas mientras están son procesadas (Vertical Saw, Chippercanter, Horizontal Saw, etc.), lo que hace que las estadísticas acumuladas con respecto al estado de los objetos no sean precisas. En el caso de las máquinas de corte, esto podría solucionarse cambiando la opción de velocidad de los objetos de las templates, al original de los procesadores de Flexsim de tiempo de procesamiento (tiempo de ciclo del objeto), que es el tiempo que demora una entidad en ser procesada o el tiempo que demora una entidad en atravesar el largo del objeto.

En el caso de los conveyors, esto se puede solucionar durante el modelamiento, alargando los conveyors de los que se necesitan estadísticas y acortando otros, de manera de conservar el tamaño del layout real, esto bajo el supuesto que no es necesaria la acumulación de estadísticas de todos y cada uno de los conveyors y objetos de un modelo.

CAPITULO 6: DATOS DE ENTRADA Y VALIDACIÓN.

En este capítulo se analizan los datos e información con que se alimentó el modelo en el presente estudio y se presentará una descripción del proceso de validación.

6.1 Introducción.

Para la alimentación de información en el modelo, se utilizaron los datos entregados por la empresa que está vendiendo el proyecto (máquinas y layout de la línea de aserrío), la cual se analizó y complementó en entrevistas sucesivas con la contraparte de la empresa para el proyecto.

La empresa había recibido dos estudios de conteo de piezas, donde se asegura una cierta capacidad de producción, y a partir de éstos estudios se definieron los datos que se introducirían en el modelo. Otros tipos de información que no está incluida en los esquemas de corte, como fueron el flujo de algunos trozos en el layout y los esquemas de corte utilizados, fueron definidos arbitrariamente y validados con la opinión de expertos involucrados en el proyecto.

6.2 Diámetros de entrada.

Como se mencionó en el capítulo anterior, el modelo se construyó para poder correr cualquier diámetro que se considerara pertinente, tanto en el modelo para troncos industriales como en el de troncos podados, por lo que los diámetros considerados son todo rango de diámetros que puede procesar la planta.

En los estudios de piece count, para los troncos podados se considera un rango de diámetros de troncos entre 16cm hasta 48cm, y para los troncos podados un rango de diámetros de entre 24cm hasta 50cm. A continuación se puede ver esta información, así como el volúmen de troncos de acuerdo a un largo promedio de 4.425m, información también obtenida de los piece count.

| Resumen de Medidas Consideradas En los Piece Count | | | | | |
|--|-------------|------------|-----------------|-------------|------------|
| Diámetros Mínimos - Máximos | | 16 – 50 cm | | | |
| Rango de Longitudes | | 2,4- 5,0 m | | | |
| Longitud Promedio a Considerar | | 4,425 m | | | |
| Troncos Industriales | | | Troncos Podados | | |
| Clase | Diámetro cm | Volumen m3 | Clase | Diámetro cm | Volumen m3 |
| 1 | 16 | 0,11328 | 19 | 24 | 0,25488 |
| 2 | 18 | 0,14337 | 20 | 26 | 0,29913 |
| 3 | 20 | 0,177 | 21 | 28 | 0,34692 |
| 4 | 22 | 0,21417 | 22 | 30 | 0,39825 |
| 5 | 24 | 0,25488 | 23 | 32 | 0,45312 |
| 6 | 26 | 0,29913 | 24 | 34 | 0,51153 |
| 7 | 28 | 0,34692 | 25 | 36 | 0,57348 |
| 8 | 30 | 0,39825 | 26 | 38 | 0,63897 |
| 9 | 32 | 0,45312 | 27 | 40 | 0,708 |
| 10 | 34 | 0,51153 | 28 | 42 | 0,78057 |
| 11 | 36 | 0,57348 | 29 | 44 | 0,85668 |
| 12 | 38 | 0,63897 | 30 | 46 | 0,93633 |
| 13 | 40 | 0,708 | 31 | 48 | 1,01952 |
| 14 | 42 | 0,78057 | 32 | 50 | 1,10625 |
| 15 | 44 | 0,85668 | | | |
| 16 | 46 | 0,93633 | | | |
| 17 | 48 | 1,01952 | | | |
| 18 | 50 | 1,10625 | | | |

Tabla 6.1. Resumen de Medidas consideradas en los Piece Count.

En la tabla 6.1 se puede ver el resumen con las medidas de trozos considerados en el estudio, cabe decir, que si bien se menciona un rango de longitud de los troncos, en el modelo se consideró el valor promedio de estas longitudes.

6.3 Esquemas de Corte.

Si bien en la información que proporcionan los estudios de Piece Count, de donde se obtuvo gran parte de los datos con que se alimentó el modelo, se muestra una cantidad de laterales y centrales que se obtienen de acuerdo al diámetro de los trozos, no se dice exactamente la cantidad de laterales que salen de cada corte. Tomando esto en consideración, se decidió generar los esquemas de corte arbitrariamente de acuerdo a la cantidad de piezas que deben salir de cada diámetro, los cuales fueron validados con la opinión de expertos, para comprobar que éstos fueran factibles de realizar en la línea, de acuerdo a las medidas comerciales necesarias de las piezas y a los kerfs de las máquinas de corte.

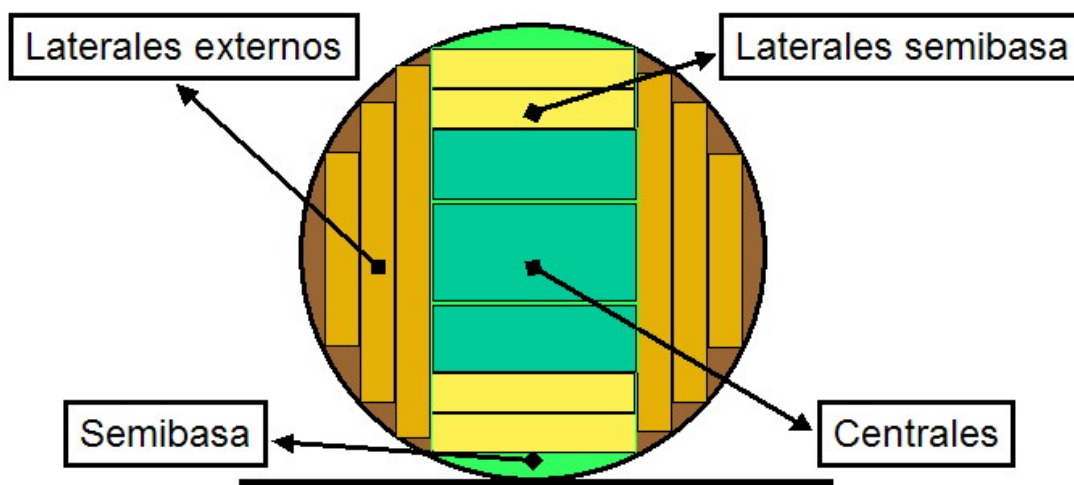


Figura 6.1. Productos del tronco en el aserradero.

En la figura 6.1 podemos ver las partes en un esquema de corte tipo. De acuerdo al diámetro del tronco, se obtendrán más o menos piezas de cada parte del tronco.

Si bien para este estudio no nos importa los espesores de los laterales ni las alturas de corte y kerfs de las máquinas, éstos sí fueron considerados al momento

de validar los esquemas de corte que se utilizaron para cada diámetro, de manera que éstos fueran factibles de realizar en la línea de aserrío.

En la tabla 6.2 se puede ver el resumen de cortes que se realizan en las distintas máquinas para la línea de troncos industriales, de acuerdo al diámetro de trabajo que se considere.

| Esquemas de Corte troncos Industriales | | | | | |
|--|---------|---------|---------|-----------|-------------------|
| Diametro | Maq1 | Maq2 | Ma3 | Centrales | Laterales (total) |
| cm | Quad(4) | Twin(2) | Quad(4) | | |
| 16 | 2 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 18 | 2 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 20 | 4 | 0 | 2 | 2 | 6 |
| 22 | 4 | 0 | 2 | 2 | 6 |
| 24 | 4 | 1 | 2 | 2 | 7 |
| 26 | 4 | 1 | 2 | 2 | 7 |
| 28 | 4 | 1 | 2 | 2 | 7 |
| 30 | 4 | 2 | 4 | 2 | 10 |
| 32 | 4 | 1 | 4 | 2 | 9 |
| 34 | 4 | 1 | 4 | 2 | 9 |
| 36 | 4 | 1 | 4 | 2 | 9 |
| 38 | 2 | 1 | 4 | 3 | 7 |
| 40 | 2 | 1 | 4 | 3 | 7 |
| 42 | 4 | 1 | 4 | 3 | 9 |
| 44 | 4 | 1 | 4 | 3 | 9 |
| 46 | 4 | 2 | 4 | 3 | 10 |
| 48 | 4 | 2 | 4 | 3 | 10 |

Tabla 6.2. Esquemas de Corte para Troncos Industriales en el Modelo.

Podemos ver en este resumen anterior, que hay 8 esquemas de corte distintos que se generan de la combinación de cantidad de laterales y cantidad de centrales que se pueden sacar de los distintos troncos de acuerdo a su diámetro.

En la tabla 6.3, a continuación, podemos nuevamente un resumen de las piezas totales.

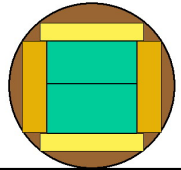
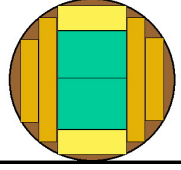
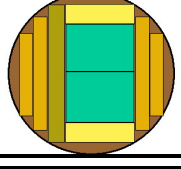
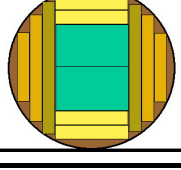
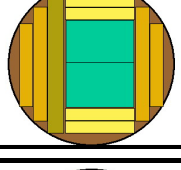
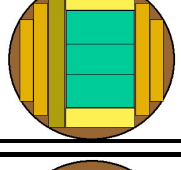
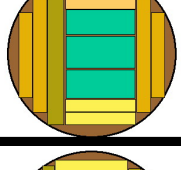
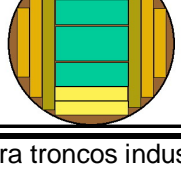
| Diagramas Esquemas de Corte Troncos Industriales | | | |
|---|-----------|-----------|--|
| Diámetros Cm | Laterales | Centrales | Diagrama |
| 16 | 4 | 2 |  |
| 18 | 4 | 2 | |
| 20 | 6 | 2 |  |
| 22 | 6 | 2 | |
| 24 | 7 | 2 |  |
| 26 | 7 | 2 | |
| 28 | 7 | 2 | |
| 30 | 10 | 2 |  |
| 32 | 9 | 2 |  |
| 34 | 9 | 2 | |
| 36 | 9 | 2 | |
| 38 | 7 | 3 |  |
| 40 | 7 | 3 | |
| 42 | 9 | 3 |  |
| 44 | 9 | 3 | |
| 46 | 10 | 3 |  |
| 48 | 10 | 3 | |

Tabla 6.3. Resumen de los esquemas de corte para troncos industriales.

La tabla 6.4 muestra el resumen de esquemas de corte utilizados para la línea de troncos podados.

| Esquemas de Corte troncos podados | | | | | |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|-----------|-------------------|
| Diametro | Maq1 | Maq2 | Ma3 | Centrales | Laterales (total) |
| cm | Quad(4) | Twin(2) | Quad(4) | | |
| 24 | 4 | 1 | 2 | 2 | 7 |
| 26 | 4 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 28 | 4 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 30 | 4 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| 32 | 4 | 1 | 4 | 2 | 9 |
| 34 | 4 | 1 | 4 | 2 | 9 |
| 36 | 4 | 1 | 4 | 2 | 9 |
| 38 | 4 | 2 | 4 | 2 | 10 |
| 40 | 4 | 2 | 4 | 2 | 10 |
| 42 | 4 | 2 | 4 | 2 | 10 |
| 44 | 4 | 2 | 4 | 2 | 10 |
| 46 | 4 | 2 | 4 | 3 | 10 |
| 48 | 4 | 2 | 4 | 3 | 10 |
| 50 | 4 | 2 | 4 | 3 | 10 |

Tabla 6.4. Esquemas de corte de troncos podados.

En la tabla anterior podemos ver que de acuerdo a la combinación de cantidades de piezas laterales y centrales, se generan 5 esquemas de corte distintos.

En la tabla 6.5 podemos ver nuevamente un resumen de las piezas totales que salen de cada diámetro, y se presenta el esquema de corte propuesto para la línea de troncos podados.

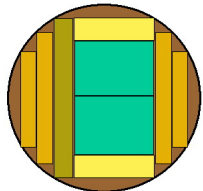
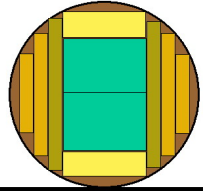
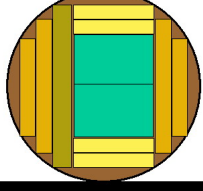
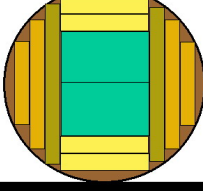
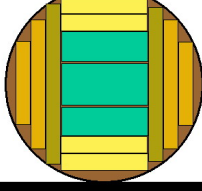
| Diagramas Esquemas de Corte Troncos Podados | | | |
|--|------------------|------------------|--|
| Díametros cm | Laterales | Centrales | Diagrama |
| 24 | 7 | 2 |  |
| 26 | 8 | 2 |  |
| 28 | 8 | 2 | |
| 30 | 8 | 2 | |
| 32 | 9 | 2 |  |
| 34 | 9 | 2 | |
| 36 | 9 | 2 | |
| 38 | 10 | 2 |  |
| 40 | 10 | 2 | |
| 42 | 10 | 2 | |
| 44 | 10 | 2 | |
| 46 | 10 | 3 |  |
| 48 | 10 | 3 | |
| 50 | 10 | 3 | |

Tabla 6.5. Resumen de esquemas de corte para troncos podados.

6.4 Velocidades de Avance y Gaps.

Las velocidades que se utilizaron en la alimentación del modelo, también se obtuvieron de los estudios de piece count. Estos estudios muestran solo las distintas velocidades de avance de la línea central para cada diámetro de trabajo, por lo tanto, las velocidades de alimentación de las canteadoras y de transporte de salida de laterales canteados hacia la línea de clasificación se debieron calcular en base a las capacidades de las canteadoras y del clasificador para la línea de troncos industriales y podados.

En el caso de los troncos industriales, la capacidad de las canteadoras es de 40 piezas/min, considerando una longitud de 4.425m de las tablas se determinó una velocidad de avance de los conveyors que alimentan las canteadoras de 177m/min, es decir 2.95m/s en el modelo.

Como se mencionó anteriormente, las velocidades de avance de la línea central (maquinas de corte y conveyors) y los gaps (espacios) entre troncos, dependen del diámetro de trabajo que se considere. A continuación se presenta el resumen con estas velocidades y gaps para la línea de troncos industriales en la tabla 6.6.

| Velocidades de Avance de la Línea Central Para Troncos Industriales | | | |
|--|--------------------|------------------|----------|
| Diametro cm | Velocidad m/min | Velocidad m/s | Gap m |
| 16 | 93 | 1,55 | 1,93 |
| 18 | 93 | 1,55 | 1,93 |
| 20 | 93 | 1,55 | 1,93 |
| 22 | 93 | 1,55 | 1,93 |
| 24 | 87 | 1,45 | 1,88 |
| 26 | 69 | 1,15 | 1,73 |
| 28 | 69 | 1,15 | 1,73 |
| 30 | 64 | 1,07 | 1,68 |
| 32 | 60 | 1,00 | 1,65 |
| 34 | 58 | 0,97 | 1,63 |
| 36 | 55 | 0,92 | 1,61 |
| 38 | 50 | 0,83 | 1,57 |
| 40 | 46 | 0,77 | 1,53 |
| 42 | 40 | 0,67 | 1,48 |
| 44 | 30 | 0,50 | 1,40 |
| 46 | 30 | 0,50 | 1,40 |
| 48 | 30 | 0,50 | 1,40 |

Tabla 6.6. Velocidades y Gaps para troncos industriales.

Con respecto a las velocidades de avance de los conveyors de alimentación de las canteadoras en la línea de troncos podados, éstas se determinan de igual forma que para los troncos industriales. En este caso, las capacidades de las canteadoras es de 30 piezas/minuto y el largo promedio de las tablas es el mismo (4.425m), entonces la velocidad de avance será de 132m/min, es decir 2.21m/s en el modelo

El resumen con las velocidades de avance de la línea central y de los gaps con respecto al trabajo con troncos podados en la línea de aserrío, se puede ver en la tabla 6.7.

| Velocidades de Avance de la Línea Central Para Troncos Podados | | | |
|---|--------------------|------------------|----------|
| Diametro cm | Velocidad m/min | Velocidad m/s | Gap m |
| 24 | 87,00 | 1,45 | 1,88 |
| 26 | 69,00 | 1,15 | 1,73 |
| 28 | 69,00 | 1,15 | 1,73 |
| 30 | 64,00 | 1,07 | 1,68 |
| 32 | 60,00 | 1,00 | 1,65 |
| 34 | 58,00 | 0,97 | 1,63 |
| 36 | 55,00 | 0,92 | 1,61 |
| 38 | 50,00 | 0,83 | 1,57 |
| 40 | 46,00 | 0,77 | 1,53 |
| 42 | 40,00 | 0,67 | 1,48 |
| 44 | 30,00 | 0,50 | 1,40 |
| 46 | 30,00 | 0,50 | 1,40 |
| 48 | 30,00 | 0,50 | 1,40 |
| 50 | 30,00 | 0,50 | 1,40 |

Tabla 6.7 Velocidades y Gaps para troncos podados.

6.5 Sobre la Validación.

Validar es el proceso a través del cual se asegura que el modelo representa al sistema real. Si bien al hacer una validación, lo ideal es que ésta sea de forma estadística, de manera de tener un nivel de confianza determinado para determinar la representatividad del modelo, ésto no siempre es posible. En el caso de este trabajo, como el sistema en estudio todavía no existe y además los datos de alimentación del modelo son determinísticos, no es posible hacer una validación estadística del modelo.

Por lo antes mencionado, y como la literatura al respecto lo sugiere, la validación fue un proceso que estuvo presente a lo largo de la creación del modelo y que consistió en la inspección directa, por parte de personal experto del modelo, y sus resultados preliminares para asegurar que el modelo represente al futuro sistema real.

CAPITULO 7. PLANTEAMIENTO DE ESCENARIOS Y SUS RESULTADOS.

En este capítulo se presentan el planteamiento de escenarios y los resultados obtenidos de las corridas de simulación para cada uno de estos.

7.1 Introducción.

Una vez validado el modelo de la nueva línea de aserrío de CMPC Maderas S.A. Planta Mulchén, se da paso a la presentación de los resultados del modelo bajo las condiciones originales del sistema para los diámetros críticos que se señalarán a continuación.

El objetivo de analizar los resultados con el modelo original, es verificar los parámetros de operación en comparación con los estudios de piece count entregados a la empresa, además de detectar cuellos de botella en la línea bajo estos parámetros.

Finalmente se analizarán otros escenarios cuya definición es resultado de reuniones con la contraparte de la empresa.

7.2 Análisis de Modelos Originales.

Ya con el modelo validado, se definieron finalmente los diámetros críticos que se deberían considerar al realizar las corridas de simulación tanto para la línea de troncos industriales como para la de troncos podados.

- Para los troncos industriales los diámetros críticos que se determinaron son los diámetros 24, 34 y 44.- Se consideró como críticos estos diámetros por su mayor porcentaje de participación en la producción anual proyectada en los piece-counts y por la forma en que se mueve en la línea el cuello de botella según los datos de entrada. Esto se puede ver en la tabla 7.1.

| Troncos Industriales | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------|-----------------|-------|----------------|------------------------------|------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|
| Largo Promedio (m) | | 4,425 | | | Capacidad Sorter(piezas/min) | | | 120 | | | |
| Diametro | | Linea Central | | | Canteadora 1 + 2 | | | Salida (al Sorter) | | | |
| cm | Participacion Anual (%) | Velocidad m/min | Gap m | Avance log/min | Capacidad piezas/min | piezas/log | Avance log/min | Centrales piezas/log | Laterales piezas/log | Avance log/min | Avance Total log/min |
| 16 | 3 | 93 | 1,93 | 14,63 | 80 | 4 | 20,00 | 2 | 4 | 20,00 | 14,63 |
| 18 | 7 | 93 | 1,93 | 14,63 | 80 | 4 | 20,00 | 2 | 4 | 20,00 | 14,63 |
| 20 | 10 | 93 | 1,93 | 14,63 | 80 | 6 | 13,33 | 2 | 6 | 15,00 | 13,33 |
| 22 | 13 | 93 | 1,93 | 14,63 | 80 | 6 | 13,33 | 2 | 6 | 15,00 | 13,33 |
| 24 | 14 | 87 | 1,88 | 13,80 | 80 | 7 | 11,43 | 2 | 7 | 13,33 | 11,43 |
| 26 | 13 | 69 | 1,73 | 11,21 | 80 | 7 | 11,43 | 2 | 7 | 13,33 | 11,21 |
| 28 | 11 | 69 | 1,73 | 11,21 | 80 | 7 | 11,43 | 2 | 7 | 13,33 | 11,21 |
| 30 | 9 | 64 | 1,68 | 10,48 | 80 | 10 | 8,00 | 2 | 10 | 10,00 | 8,00 |
| 32 | 6 | 60 | 1,65 | 9,88 | 80 | 9 | 8,89 | 2 | 9 | 10,91 | 8,89 |
| 34 | 5 | 58 | 1,63 | 9,58 | 80 | 9 | 8,89 | 2 | 9 | 10,91 | 8,89 |
| 36 | 3 | 55 | 1,61 | 9,11 | 80 | 9 | 8,89 | 2 | 9 | 10,91 | 8,89 |
| 38 | 2 | 50 | 1,57 | 8,34 | 80 | 7 | 11,43 | 3 | 7 | 12,00 | 8,34 |
| 40 | 2 | 46 | 1,53 | 7,72 | 80 | 7 | 11,43 | 3 | 7 | 12,00 | 7,72 |
| 42 | 1 | 40 | 1,48 | 6,77 | 80 | 9 | 8,89 | 3 | 9 | 10,00 | 6,77 |
| 44 | 0,5 | 30 | 1,4 | 5,15 | 80 | 9 | 8,89 | 3 | 9 | 10,00 | 5,15 |
| 46 | 0,3 | 30 | 1,4 | 5,15 | 80 | 10 | 8,00 | 3 | 10 | 9,23 | 5,15 |
| 48 | 0,2 | 30 | 1,4 | 5,15 | 80 | 10 | 8,00 | 3 | 10 | 9,23 | 5,15 |

Tabla 7.1. Extracto de Piece Count Troncos Industriales

- Utilizando los mismos criterios anteriores, para los troncos podados se consideraron como diámetros críticos los diámetros 32, 38 y 46. Esto se puede ver en la tabla 7.2.

| Troncos Podados | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------|---------------|----------------|----------------------|------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|-----|
| Largo Promedio (m) | | | | 4,425 | | Sorter(piezas/min) | | | | | 120 |
| Diametro | | Linea Central | | Canteadora 1 + 2 | | | Salida (al Sorter) | | | Avance Total log/min | |
| cm | Velocidad m/min | Gap m | Avance log/min | Capacidad piezas/min | piezas/log | Avance log/min | Centrales piezas/log | Laterales piezas/log | Avance log/min | | |
| 24 | 87 | 1,88 | 13,81 | 60 | 7 | 8,57 | 3 | 7 | 12,00 | 8,57 | |
| 26 | 69 | 1,73 | 11,22 | 60 | 8 | 7,50 | 4 | 8 | 10,00 | 7,50 | |
| 28 | 69 | 1,73 | 11,22 | 60 | 8 | 7,50 | 4 | 8 | 10,00 | 7,50 | |
| 30 | 64 | 1,68 | 10,48 | 60 | 8 | 7,50 | 4 | 8 | 10,00 | 7,50 | |
| 32 | 60 | 1,65 | 9,88 | 60 | 9 | 6,67 | 4 | 9 | 9,23 | 6,67 | |
| 34 | 58 | 1,63 | 9,57 | 60 | 9 | 6,67 | 4 | 9 | 9,23 | 6,67 | |
| 36 | 55 | 1,61 | 9,12 | 60 | 9 | 6,67 | 4 | 9 | 9,23 | 6,67 | |
| 38 | 50 | 1,57 | 8,34 | 60 | 10 | 6,00 | 4 | 10 | 8,57 | 6,00 | |
| 40 | 46 | 1,53 | 7,72 | 60 | 10 | 6,00 | 4 | 10 | 8,57 | 6,00 | |
| 42 | 40 | 1,48 | 6,77 | 60 | 10 | 6,00 | 4 | 10 | 8,57 | 6,00 | |
| 44 | 30 | 1,40 | 5,15 | 60 | 10 | 6,00 | 4 | 10 | 8,57 | 5,15 | |
| 46 | 30 | 1,40 | 5,15 | 60 | 12 | 5,00 | 4 | 12 | 7,50 | 5,00 | |
| 48 | 30 | 1,40 | 5,15 | 60 | 12 | 5,00 | 4 | 12 | 7,50 | 5,00 | |
| 50 | 30 | 1,40 | 5,15 | 60 | 12 | 5,00 | 4 | 12 | 7,50 | 5,00 | |

Tabla 7.2. Extracto de Piece Count Troncos Podados.

En esta segunda tabla no se aprecia el porcentaje de participación anual proyectado según diámetro, por discrepancias entre los dos estudios de piece count considerados. Según la opinión de expertos, se determino que el diámetro que debería ser considerado como de mayor participación, es cercano al de 32cm.

Cabe decir, que la dos tablas anteriores se construyeron en base a la información de dos estudios de piece count que fueron entregados a CMPC, por parte de la empresa oferente de la planta, y los cuellos de botella identificados son los obtenidos en estos estudios y no a través de las corridas de simulación. Cuando mencionemos estos cuellos de botella a continuación en el análisis, nos referiremos a cuellos de botella teóricos y los cuellos de botella que resulten del estudio se referirán como cuellos de botella del modelo.

Se determinó que para las dos líneas de producción, se realizarían corridas con el modelo original para cada uno de los diámetros considerados críticos, de esta

forma, se podría dar respuesta tanto a la verificación de los parámetros operacionales, como a la identificación de los cuellos de botella.

Cabe señalar que el largo de la simulación, de acuerdo a lo acordado en reuniones, se estableció en un turno de trabajo de 7.5 horas más un tiempo de calentamiento suficiente para que el modelo se estabilice (10min). Por ser un modelo prácticamente determinístico no se podrán usar herramientas estadísticas para las comparaciones entre escenarios y/o con los datos de entrada.

7.2.1 Modelo Original para Troncos Industriales

- **Diámetro 24.**

La siguiente tabla presenta un resumen de los resultados obtenidos de la corrida del modelo original para troncos industriales de diámetro 24.

| Escenario Original Troncos Industriales Diametro 24 | | | | | | |
|---|------------|----------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 15259,32 | 424,21 | 7266,48 | | 0,66 | 0,32 |
| Quad 2 | 11953,09 | 10996,91 | 0,00 | | 0,52 | 0,00 |
| Canter 1 | 22567,50 | 382,50 | 0,00 | | 0,98 | 0,00 |
| Canter 2 | 15220,67 | 7729,34 | 0,00 | | 0,66 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 25714,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 7672,00 | | |

Tabla 7.3. Resumen Resultados Escenario Original Troncos Industriales Diámetro 24

La tabla 7.3, al igual que las de los resultados que se presentaran en el resto de este capítulo, muestran los tiempos en segundos, que pasa cada objeto procesando, en espera y bloqueado respectivamente, luego muestra la cantidad de piezas laterales y centrales obtenidas en el turno en la casilla conteo;

finalmente presenta el porcentaje del tiempo que los objetos han pasado procesando y el porcentaje que han pasado bloqueados.

Según podemos ver en esta tabla, se ve claramente que hay un porcentaje de bloqueo en la primera Quad, esto producto que la capacidad de la canteadora 1 no da abasto para procesar los laterales al ritmo que van llegando, de aquí se ve que el cuello de botella para este diámetro son las canteadoras.

| Comparacion resultados Piece Counts v/s Modelo Original Diametro 24 | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|-----------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora |
| 600 | 686 | 7672,00 | 3836 | 601,72549 |

Tabla 7.4. Resumen Comparación Resultados del Modelo v/s Piece Counts.

La tabla 7.4 muestra la comparación de producción, entre lo proyectado en los piece counts y lo obtenido en el modelo para el diámetro señalado. Se puede ver que lo obtenido del modelo se encuentra cercano a lo proyectado en los estudios anteriores. La diferencia en los resultados, se produce por que los dos piece count y el modelo presentan un diferente flujo de los laterales.

- **Diámetro 34.**

La tabla 7.5 presenta un resumen de los resultados obtenidos de la corrida del modelo original para troncos industriales de diámetro 34.

| Escenario Original Troncos Industriales Diametro 34 | | | | | | |
|---|------------|---------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 19618,46 | 2898,60 | 432,85 | | 0,85 | 0,02 |
| Quad 2 | 15362,10 | 7153,75 | 434,06 | | 0,67 | 0,02 |
| Canter 1 | 21940,28 | 1009,63 | 0,00 | | 0,96 | 0,00 |
| Canter 2 | 21940,72 | 1009,19 | 0,00 | | 0,96 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 29810,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 6550,00 | | |

Tabla 7.5. Resumen Resultados Escenario Original Troncos Industriales Diámetro 34.

Según vemos en la tabla, para este diámetro el cuello de botella siguen siendo las canteadoras, que tienen una utilización o tiempo de procesamiento mucho mayor en comparación con las máquinas de corte de la línea central. Además en este diámetro todavía hay un porcentaje de tiempo en que las máquinas de corte de la línea central están bloqueadas.

| Comparacion resultados Piece Counts v/s Modelo Original Diametro 34 | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|-----------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora |
| 431 | 533 | 6550,00 | 3275 | 513,72549 |

Tabla 7.6. Resumen Comparación Resultados del Modelo v/s Piece Counts

La tabla 7.6 muestra la comparación de producción entre lo proyectado en los piece counts y lo obtenido en el modelo para el diámetro señalado. Se puede ver que lo obtenido del modelo se encuentra cercano a lo proyectado en los estudios anteriores.

- **Diámetro 44.**

La tabla 7.7 presenta un resumen de los resultados obtenidos de la corrida del modelo original para troncos industriales de diámetro 44.

| Escenario Original Troncos Industriales Diametro 44 | | | | | | |
|---|------------|----------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 19139,90 | 3719,29 | 90,91 | | 0,83 | 0,00 |
| Quad 2 | 14983,34 | 7915,11 | 51,65 | | 0,65 | 0,00 |
| Canter 1 | 11244,31 | 11705,79 | 0,00 | | 0,49 | 0,00 |
| Canter 2 | 11779,50 | 11170,60 | 0,00 | | 0,51 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 15582,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 5289,00 | | |

Tabla 7.7. Resumen Resultados Escenario Original Troncos Industriales Diámetro 44.

Los resultados para este diámetro, presentados en la tabla anterior muestran que la mayor utilización o tiempo que la máquina esta trabajando es en la Quad1 y

Quad2, por lo que podemos ver que en este caso es en la línea central donde se produce el cuello de botella.

| Comparacion resultados Piece Counts v/s Modelo Original Diametro 44 | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|-----------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora |
| 232 | 333 | 5289,00 | 1763 | 276,54902 |

Tabla 7.8. Resumen Comparación Resultados del Modelo v/s Piece Counts.

La tabla 7.8 muestra la comparación de producción entre lo proyectado en los piece counts y lo obtenido en el modelo para el diámetro señalado. Se puede ver que lo obtenido del modelo se encuentra cercano a lo proyectado en los estudios anteriores.

7.2.2 Modelo Original para Troncos Podados

- **Diámetro 32.**

La tabla 7.9 presenta un resumen de los resultados obtenidos de la corrida del modelo original para troncos podados de diámetro 32.

| Escenario Original Troncos Podados Diametro 32 | | | | | | |
|--|------------|----------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 14837,29 | 358,54 | 7754,17 | | 0,65 | 0,34 |
| Quad 2 | 11336,03 | 11613,98 | 0,00 | | 0,49 | 0,00 |
| Canter 1 | 22542,00 | 408,00 | 0,00 | | 0,98 | 0,00 |
| Canter 2 | 21843,84 | 1106,17 | 0,00 | | 0,95 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 22625,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 4976,00 | | |

Tabla 7.9. Resumen Resultados Escenario Original Troncos Podados Diámetro 32.

Considerando los valores que presenta la tabla anterior, se puede inferir que por la alta utilización de las canteadoras y el bloqueo de la línea central, el cuello de botella para el diámetro 32 en la línea de troncos podados son las canteadoras.

| Comparacion resultados Piece Counts v/s Modelo Original Diametro 32 | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|-------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turno | logs/turno | logs hora |
| 300 | 400 | 4976,00 | 2488 | 390,2745098 |

Tabla 7.10. Resumen Comparación Resultados del Modelo v/s Piece Counts.

La tabla 7.10 muestra la comparación de producción entre lo proyectado en los piece counts y lo obtenido en el modelo para el diámetro señalado de troncos podados. Se puede ver que lo obtenido del modelo se encuentra cercano a lo proyectado en los estudios anteriores.

- **Diámetro 38.**

La tabla 7.11 presenta un resumen de los resultados obtenidos de la corrida del modelo original para troncos podados de diámetro 38.

| Escenario Original Troncos Podados Diámetro 38 | | | | | | |
|--|------------|---------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 16228,37 | 435,95 | 6285,68 | | 0,71 | 0,27 |
| Quad 2 | 10184,21 | 9743,74 | 3022,04 | | 0,44 | 0,13 |
| Canter 1 | 22542,00 | 408,00 | 0,00 | | 0,98 | 0,00 |
| Canter 2 | 22542,00 | 408,00 | 0,00 | | 0,98 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 22959,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 4736,00 | | |

Tabla 7.11. Resumen Resultados Escenario Original Troncos Podados Diámetro 38.

Aún cuando la utilización de la Quad 1 ha aumentado y ha disminuido su tiempo de bloqueo, si consideramos los valores que presenta la tabla anterior, se puede inferir que, por la alta utilización de las canteadoras y el bloqueo de la línea central, el cuello de botella para el diámetro 32 en la línea de troncos podados son las canteadoras.

| Comparacion resultados Piece Counts v/s Modelo Original Diámetro 38 | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|-------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turno | logs/turno | logs hora |
| 270 | 300 | 4736,00 | 2368 | 371,4509804 |

Tabla 7.12. Resumen Comparación Resultados del Modelo v/s Piece Counts

La tabla 7.12 muestra la comparación de producción, entre lo proyectado en los piece counts y lo obtenido en el modelo para el diámetro señalado de troncos podados. Se puede ver que lo obtenido del modelo es mayor que lo presentado por los piece count, esto se debe a que en el modelo se definió una mejor distribución de los laterales hacia las canteadoras, considerado ésto se infiere que la velocidad de cuello de botella del modelo es mayor que la teórica.

- **Diámetro 46.**

La tabla 7.13 presenta un resumen de los resultados obtenidos de la corrida del modelo original para troncos podados de diámetro 46.

| Escenario Original Troncos Podados Diámetro 46 | | | | | | |
|--|------------|----------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 20383,42 | 2560,59 | 6,09 | | 0,89 | 0,00 |
| Quad 2 | 9541,79 | 13408,31 | 0,00 | | 0,42 | 0,00 |
| Canter 1 | 17443,26 | 5506,84 | 0,00 | | 0,76 | 0,00 |
| Canter 2 | 17449,10 | 5501,00 | 0,00 | | 0,76 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 17706,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 4760,00 | | |

Tabla 7.13. Resumen Resultados Escenario Original Troncos Podados Diámetro 46.

En la tabla anterior se puede apreciar que para el diámetro 46 de los troncos podados, la utilización de la Quad 1 ha aumentado considerablemente, y es mayor que la utilización de las dos canteadoras, por esto se infiere que el cuello de botella es la línea central.

| Comparacion resultados Piece Counts v/s Modelo Original Diametro 46 | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|-------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turno | logs/turno | logs hora |
| 225 | 287 | 4760,00 | 1824,667 | 286,2222222 |

Tabla 7.14. Resumen Comparación Resultados del Modelo v/s Piece Counts.

La tabla 7.14 muestra la comparación de producción entre lo proyectado en los piece counts y lo obtenido en el modelo para el diámetro señalado. Se puede ver que lo obtenido del modelo se encuentra cercano a lo proyectado en los estudios anteriores.

7.3 Planteamiento de Escenarios.

Ya con los resultados del modelo original como base de comparación, se plantearon diversos escenarios para experimentar, estos se detallan a continuación.

- **Prueba de una tercera canteadora.** Si bien esta no esta considerada para cuando comience a funcionar la planta, se tiene considerado estudiar su factibilidad como para implementarla en años siguientes, de hecho esta considerado el espacio necesario en el layout. Para efectos del modelo, esta tercera canteadora se alimenta con piezas que van en los conveyors de salida de la Quad 1 y Quad 2.
- **Corridas con velocidades de cuello de botella teórico.** La contraparte de la empresa quiso ver resultados de corridas con las velocidades de cuello de botella teóricas mas altas consideradas en los piece count.
- **Corrida del modelo de troncos industriales, diámetro 24 con esquema de corte distinto.** También a petición de la contraparte de la empresa, se hizo una corrida del diámetro mencionado sin el corte en la Twin, es decir con una tabla menos en el esquema de cortes.

En resumen los escenarios probados, incluyendo las corridas del modelo original que se utilizó para la validación, son los siguientes:

| | | |
|--|----------------------------------|--------------------|
| Modelo Original | Para Troncos Industriales | Diámetro 24 |
| | | Diámetro 34 |
| | | Diámetro 44 |
| | Para Troncos Podados | Diámetro 32 |
| | | Diámetro 38 |
| | | Diámetro 46 |
| Modelo Alternativo 1: Prueba de la Tercera Canetadora. | Para Troncos Industriales | Diámetro 24 |
| | | Diámetro 34 |
| | | Diámetro 44 |
| | Para Troncos Podados | Diámetro 32 |
| | | Diámetro 38 |
| | | Diámetro 46 |
| Modelo Alternativo 2: Modelo a la Velocidad de Cuello de Botella. | Para Troncos Industriales | Diámetro 24 |
| | | Diámetro 34 |
| | | Diámetro 44 |
| | Para Troncos Podados | Diámetro 32 |
| | | Diámetro 38 |
| | | Diámetro 46 |
| Modelo Alternativo 3: Cambio en Esquema de Corte | Para Troncos Industriales | Diámetro 24 |

Tabla 7.15. Resumen de Escenarios Considerados en el Estudio.

7.3.1 Prueba de una tercera canteadora.

Tal como se mencionó anteriormente, ésta tercera canteadora se alimenta con piezas que van en los conveyors de salida de la Quad 1 y Quad 2 tal como se muestra en la figura 7.1.

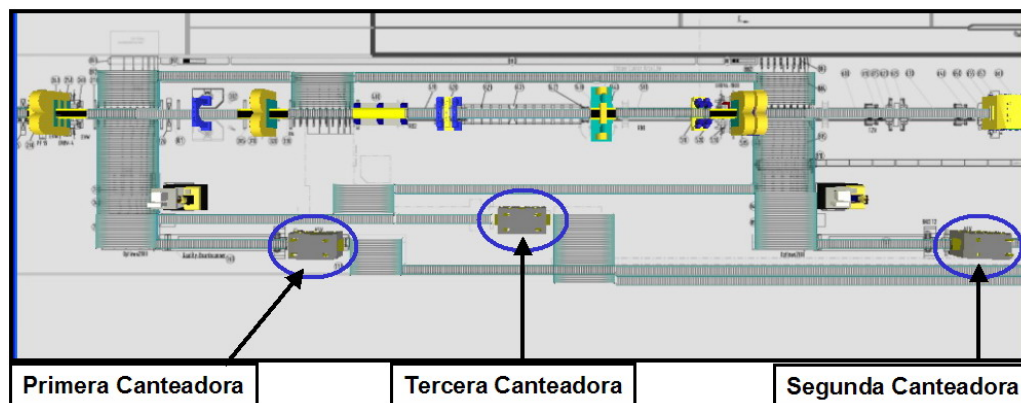


Figura 7.1. Tercera canteadora en el Layout.

Las corridas para análisis se realizaron con los mismos diámetros anteriores, tanto para troncos industriales como para podados, de manera de tener una base de comparación de los resultados.

7.3.1.1 Para Troncos Industriales.

Diámetro 24.

La tabla 7.16 muestra el resumen de los resultados del modelo alternativo con la tercera canteadora para el diámetro 24 de los troncos industriales.

| Escenario Alternativo con Tercera Canteadora para Troncos Industriales Diámetro 24 | | | | | | |
|--|------------|----------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 18685,85 | 4263,61 | 0,56 | | 0,81 | 0,00 |
| Quad 2 | 14640,40 | 8309,61 | 0,00 | | 0,64 | 0,00 |
| Canter 1 | 20023,04 | 2926,97 | 0,00 | | 0,87 | 0,00 |
| Canter 2 | 11621,97 | 11328,04 | 0,00 | | 0,51 | 0,00 |
| Canter 3 | 14638,53 | 8311,48 | 0,00 | | 0,64 | 0,00 |
| Sink1(Laterales) | | | | 31505,00 | | |
| Sink2(Centrales) | | | | 9398 | | |

Tabla 7.16. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Industriales Diámetro 24.

Como se puede ver en la tabla resumen anterior, si bien aumenta la utilización de las máquinas de corte de la línea central, todavía la canteadora 1 tiene una mayor utilización. Esto se produce por que la distribución de laterales entre las canteadoras no esta completamente balanceada, de todas formas el cuello de botella podría llegar a ser las canteadoras. Además, si lo comparamos con los resultados del modelo original, ya no hay un bloqueo de la línea central producto de acumulación de laterales

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Tercera Canteadora para el Diámetro 24 | | | | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|-----------|--------------------|------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora |
| 600 | 686 | 7672,00 | 3836 | 601,72549 | 9398 | 4699 | 737,098039 |
| Variación Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | | 22,50% |

Tabla 7.17. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

Como se puede ver en la tabla 7.17, con la utilización de una tercera canteadora se aumenta la producción desde 3836 troncos por turno en el modelo original hasta 4699 troncos por turno en el modelo alternativo, esto supone un aumento en la producción del 22.5%

Diámetro 34.

La tabla 7.18 muestra el resumen de los resultados del modelo alternativo con la tercera canteadora para el diámetro 34 de los troncos industriales.

| Escenario Alternativo con Tercera Canteadora para Troncos Industriales Diámetro 34 | | | | | | |
|--|------------|---------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 19653,39 | 3296,55 | 0,00 | | 0,86 | 0,00 |
| Quad 2 | 15410,78 | 7539,16 | 0,00 | | 0,67 | 0,00 |
| Canter 1 | 14932,21 | 8017,74 | 0,00 | | 0,65 | 0,00 |
| Canter 2 | 14924,95 | 8024,99 | 0,00 | | 0,65 | 0,00 |
| Canter 3 | 14207,33 | 8742,62 | 0,00 | | 0,62 | 0,00 |
| Sink1(Laterales) | | | | 29971,00 | | |
| Sink2(Centrales) | | | | 6578 | | |

Tabla 7.18. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Industriales Diámetro 34.

Como se aprecia en la tabla anterior, la utilización de la línea central es la mayor en comparación con la de las canteadoras, por lo tanto, la línea central es donde se produce el cuello de botella. Si comparamos los resultados con los del modelo original, vemos que el aumento en la utilización de la línea central (primera Quad) no es significativo, pero la utilización de las canteadoras se ha distribuido y disminuido con la inclusión de la nueva máquina.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Tercera Canteadora para el Diámetro 34 | | | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|-----------|--------------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno |
| 431 | 533 | 6550,00 | 3275 | 513,72549 | 6578 | 3289 |
| Variación Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | 0,43% |

Tabla 7.19. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

En la comparación anterior (tabla 7.19), se puede ver que el aumento en la producción entre los escenarios es muy leve, lo que puede indicar que la velocidad de cuello de botella en el modelo original es muy cercana a la velocidad de la línea central, por esto al aumentar la capacidad de procesamiento de laterales el aumento de producción no es muy significativo.

Diámetro 44.

La tabla 7.20 muestra el resumen de los resultados del modelo alternativo con la tercera canteadora para el diámetro 44 de los troncos industriales.

| Escenario Alternativo con Tercera Canteadora para Troncos Industriales Diámetro 44 | | | | | | |
|--|------------|----------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 19149,48 | 3710,89 | 89,61 | | 0,83 | 0,00 |
| Quad 2 | 14981,86 | 7916,96 | 51,15 | | 0,65 | 0,00 |
| Canter 1 | 6444,86 | 16505,12 | 0,00 | | 0,28 | 0,00 |
| Canter 2 | 7834,96 | 15115,02 | 0,00 | | 0,34 | 0,00 |
| Canter 3 | 8746,35 | 14203,63 | 0,00 | | 0,38 | 0,00 |
| Sink1(Laterales) | | | | 15607,00 | | |
| Sink2(Centrales) | | | | 5298 | | |

Tabla 7.20. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Industriales Diámetro 44.

En la tabla resumen anterior, se ve claramente que la utilización de la línea central sigue siendo la mayor, y por lo tanto el cuello de botella. La utilización en las canteadoras se ha distribuido y disminuido en comparación con los resultados del modelo original.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Tercera Canteadora para el Diámetro 44 | | | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|-----------|--------------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/tum | logs/turno | logs hora | centrales/tum | logs/turno |
| 232 | 333 | 5289,00 | 1763 | 276,54902 | 5298 | 1766 |
| Variación Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | 0,17% |

Tabla 7.21. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

Al igual que en los resultados del diámetro anterior, no hay una variación significativa en la producción entre el modelo original y el alternativo. En este caso esto sucede por que la velocidad de cuello de botella en el modelo original era la línea central, donde no ha habido un cambio en las capacidades. Esto se puede ver en la tabla 7.21 presentada anteriormente.

7.3.1.2 Para Troncos Podados.

Diámetro 32.

La tabla 7.22 muestra el resumen de los resultados del modelo alternativo con la tercera canteadora para el diámetro 32 de los troncos podados.

| Escenario Alternativo con Tercera Canteadora para Troncos Industriales Diametro 32 | | | | | | |
|--|------------|---------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 19337,73 | 3610,07 | 2,20 | | 0,84 | 0,00 |
| Quad 2 | 15152,08 | 7797,92 | 0,00 | | 0,66 | 0,00 |
| Canter 1 | 20882,33 | 2067,67 | 0,00 | | 0,91 | 0,00 |
| Canter 2 | 18470,00 | 4479,77 | 0,23 | | 0,80 | 0,00 |
| Canter 3 | 18199,73 | 4750,27 | 0,00 | | 0,79 | 0,00 |
| Sink1(Laterales) | | | | 29342,00 | | |
| Sink2(Centrales) | | | | 6730 | | |

Tabla 7.22. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Podados Diámetro 32.

En la tabla anterior se puede apreciar que si bien ya no hay un bloqueo de la línea central por la acumulación de laterales y la utilización de la línea central ha aumentado, esta todavía es menos que las utilización de las canteadoras, esto es indicador que el cuello de botella todavía son las canteadoras en el modelo alternativo con la tercera canteadora para este diámetro de trabajo.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Tercera Canteadora para el Diámetro 32 | | | | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|-----------|--------------------|------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora |
| 300 | 400 | 4976,00 | 2488 | 390,27451 | 6730 | 3365 | 527,843137 |
| Variación Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | | 35,25% |

Tabla 7.23. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

En la tabla 7.23, se ve que en el modelo con la tercera canteadora aumenta la producción hasta procesar 3365 troncos por turno versus los 2488 del modelo original para troncos podados. Esto corresponde a un aumento del 35.25% en la producción.

Diámetro 38.

La tabla 7.24 muestra el resumen de los resultados del modelo alternativo con la tercera canteadora para el diámetro 38 de los troncos podados.

| Escenario Alternativo con Tercera Canteadora para Troncos Industriales Diametro 38 | | | | | | |
|--|------------|---------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 19381,57 | 3568,36 | 0,00 | | 0,84 | 0,00 |
| Quad 2 | 15193,74 | 7756,20 | 0,00 | | 0,66 | 0,00 |
| Canter 1 | 18640,61 | 4309,32 | 0,00 | | 0,81 | 0,00 |
| Canter 2 | 18106,81 | 4842,75 | 0,38 | | 0,79 | 0,00 |
| Canter 3 | 16095,70 | 6854,23 | 0,00 | | 0,70 | 0,00 |
| Sink1(Laterales) | | | | 26927,00 | | |
| Sink2(Centrales) | | | | 5642 | | |

Tabla 7.24. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Podados Diámetro 38.

En la tabla anterior, se ve que en el caso del diámetro 38 de troncos podados para el modelo alternativo con la tercera canteadora, la utilización de la Quad 1 aumenta y la de las canteadoras ha disminuido, por lo que se concluye que el cuello de botella en este caso es la línea central. También se puede ver que ya no hay un bloqueo de la línea central producto de la acumulación de laterales.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Tercera Canteadora para el Diámetro 38 | | | | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|-----------|--------------------|------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora |
| 270 | 300 | 4736,00 | 2368 | 371,45098 | 5642 | 2821 | 442,509804 |
| Variación Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | | 19,13% |

Tabla 7.25. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

En la tabla de comparación de resultados 7.25, se ve que para el caso del diámetro 38 de troncos podados con la inclusión de la tercera canteadora aumenta la producción desde 2368 troncos por turno según el modelo original hasta 2821 troncos por turno en el modelo alternativo. Este aumento corresponde a una variación en el 19.13% de la producción por turno.

Diámetro 46.

La tabla 7.26 muestra el resumen de los resultados del modelo alternativo con la tercera canteadora para el diámetro 38 de los troncos podados.

| Escenario Alternativo con Tercera Canteadora para Troncos Industriales Diámetro 46 | | | | | | |
|--|------------|----------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 20386,81 | 2557,19 | 6,04 | | 0,89 | 0,00 |
| Quad 2 | 15985,61 | 6964,43 | 0,00 | | 0,70 | 0,00 |
| Canter 1 | 11369,22 | 11580,83 | 0,00 | | 0,50 | 0,00 |
| Canter 2 | 12482,00 | 10468,03 | 0,02 | | 0,54 | 0,00 |
| Canter 3 | 11044,18 | 11905,86 | 0,00 | | 0,48 | 0,00 |
| Sink1(Laterales) | | | | 17721,00 | | |
| Sink2(Centrales) | | | | 4761 | | |

Tabla 7.26. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Podados Diámetro 46.

En la tabla anterior, se ve que la mayor utilización ocurre en la línea central, lo que es indicativo de que aquí se encuentra el cuello de botella en la línea. Además, al igual que lo que ocurrió en los diámetros mayores de la línea de troncos industriales, no ocurre variación en la producción.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Tercera Canteadora para el Diámetro 46 | | | | | | | |
|---|---------------|-----------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora |
| 225 | 287 | 4760,00 | 1824,66667 | 286,222222 | 4761 | 1825,05 | 286,282353 |
| | | | | | | | 0,02% |

Tabla 7.27. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

Tal como se menciono anteriormente, para este diámetro y escenario no hay una variación en la producción, con 1351 troncos por turno hasta Esto se aprecia en la tabla 7.27.

7.3.2 Corridas a la velocidades de cuello de botella teóricos.

Por petición de la contraparte de la empresa, se realizaron corridas a las velocidades de cuello de botella determinados en los estudios de piece count para los diámetros en estudio, tanto para troncos industriales como para los podados.

Dado que en el modelo se realizó una distribución diferente del flujo de los laterales, se incorporo una variación en los esquemas de corte y se consideró el box de rechazo, situaciones no presentadas en los piece count, se decidió hacer el análisis y comparación de resultados para un modelo alternativo en que se setearon las velocidades de cuello de botella de los diámetros en estudio para la línea central.

Cabe señalar que las velocidades de alimentación de las canteadoras y la capacidad de las mismas no se varió en relación a los modelos anteriores, los únicos cambios se realizaron en las tablas de velocidades para la línea central.

7.3.2.1 Para troncos industriales.

Diámetro 24.

La tabla 7.28 muestra el resumen de los resultados del segundo modelo alternativo con las velocidades de cuello de botella teóricas para el diámetro 24 de los troncos industriales.

| Escenario Alternativo con Velocidad de CB para Troncos Industriales Diámetro 24 | | | | | | |
|---|------------|---------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 19101,25 | 3848,78 | 0,00 | | 0,83 | 0,00 |
| Quad 2 | 14959,55 | 7990,49 | 0,00 | | 0,65 | 0,00 |
| Canter 1 | 21008,66 | 1941,37 | 0,00 | | 0,92 | 0,00 |
| Canter 2 | 14202,94 | 8747,10 | 0,00 | | 0,62 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 23945,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 7130,00 | | |

Tabla 7.28. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Industriales Diámetro 24.

Como se ve en la tabla anterior y era de esperarse, a las velocidades de cuello de botella no hay bloqueo, y la mayor utilización sigue siendo en las canteadoras para el diámetro 24 de los troncos industriales.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Velocidades de CB para el Diámetro 24 | | | | | | | |
|--|---------------|-----------------|------------|-----------|----------------------|------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo 2 | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora |
| 600 | 686 | 7672,00 | 3836 | 601,72549 | 7130 | 3565 | 559,215686 |
| Variación Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | | -7,06% |

Tabla 7.29. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

En la tabla 7.29, de comparación de resultados, se ve que al correr el modelo con las velocidades de cuello de botella teóricas para el diámetro 24 de los troncos industriales la producción es menor en un 7.06%.

Diámetro 34.

La tabla 7.30 muestra el resumen de los resultados del segundo modelo alternativo con las velocidades de cuello de botella teóricas para el diámetro 34 de los troncos industriales.

| Escenario Alternativo con Velocidad de CB para Troncos Industriales Diámetro 34 | | | | | | |
|---|------------|---------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 20059,06 | 2890,93 | 0,00 | | 0,87 | 0,00 |
| Quad 2 | 15719,41 | 7230,59 | 0,00 | | 0,68 | 0,00 |
| Canter 1 | 20306,88 | 2643,11 | 0,00 | | 0,88 | 0,00 |
| Canter 2 | 20322,34 | 2627,25 | 0,40 | | 0,89 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 27592,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 6062,00 | | |

Tabla 7.30. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Industriales Diámetro 34.

Al igual que para el diámetro anterior, la tabla nos muestra que la utilización de las canteadoras sigue siendo mayor que la línea central, no hay bloqueos como era de esperarse, ya que estamos analizando los resultados con la velocidad de cuello de botella teórica.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Velocidades de CB para el Diámetro 34 | | | | | | |
|--|---------------|-----------------|------------|-----------|----------------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo 2 | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno |
| 431 | 533 | 6550,00 | 3275 | 513,72549 | 6062 | 3031 |
| Variación Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | -7,45% |

Tabla 7.31. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

En la tabla 7.31, sucede lo mismo que sucede con el diámetro anterior donde al correr el modelo alternativo con las velocidades de cuello de botella teórico la producción baja en alrededor de 250 troncos por turnos, lo que significa una baja en la producción de 7.84% con respecto al modelo original.

Diámetro 44.

La tabla 7.32 muestra el resumen de los resultados del segundo modelo alternativo con las velocidades de cuello de botella teóricas para el diámetro 34 de los troncos industriales.

| Escenario Alternativo con Velocidad de CB para Troncos Industriales Diámetro 44 | | | | | | |
|---|------------|----------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 19139,90 | 3719,29 | 90,91 | | 0,83 | 0,00 |
| Quad 2 | 14983,34 | 7915,11 | 51,65 | | 0,65 | 0,00 |
| Canter 1 | 11244,31 | 11705,79 | 0,00 | | 0,49 | 0,00 |
| Canter 2 | 11779,50 | 11170,60 | 0,00 | | 0,51 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 15582,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 5289,00 | | |

Tabla 7.32. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Industriales Diámetro 44.

La tabla de resultados anterior, muestra que para el escenario alternativo con velocidades de cuello de botella para troncos industriales de diámetro 44 la mayor utilización ocurre en la línea central, tal cual ocurre en los otros escenarios para este diámetro.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Velocidades de CB para el Diámetro 44 | | | | | | |
|--|---------------|-----------------|------------|-----------|----------------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo 2 | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno |
| 232 | 333 | 5289,00 | 1763 | 276,54902 | 5298 | 1766 |
| Variacion Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | 0,17% |

Tabla 7.33. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

La tabla 7.33 de comparación de resultados, muestra que casi no hay una variación entre correr el modelo original y el modelo alternativo con las velocidades de cuello de botella teóricas. Por lo anterior, se puede inferir que la velocidad de cuello de botella del modelo es muy cercana a la obtenida de los estudios de piece count.

7.3.2.2 Para troncos podados.

Diámetro 32.

La tabla 7.34 muestra el resumen de los resultados del segundo modelo alternativo con las velocidades de cuello de botella teóricas para el diámetro 32 de los troncos podados.

| Escenario Alternativo con Velocidad de CB para Troncos Podados Diametro 32 | | | | | | |
|--|------------|---------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 19769,55 | 3180,44 | 0,00 | | 0,86 | 0,00 |
| Quad 2 | 15480,14 | 7469,86 | 0,00 | | 0,67 | 0,00 |
| Canter 1 | 19875,24 | 3074,76 | 0,00 | | 0,87 | 0,00 |
| Canter 2 | 19091,61 | 3858,39 | 0,00 | | 0,83 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 19829,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 4546,00 | | |

Tabla 7.34. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Podados Diámetro 32.

En la tabla anterior, se ve que la utilización en la línea central es muy cercana a la de las canteadoras, siendo la de éstas últimas un poco mayor. Como era de esperarse, no hay bloqueos ya que se esta trabajando con la velocidad de cuello de botella teórica de la línea para este diámetro y tipo de tronco.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Velocidades de CB para el Diámetro 32 | | | | | | |
|--|---------------|-----------------|------------|-----------|----------------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo 2 | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno |
| 300 | 400 | 4976,00 | 2488 | 390,27451 | 4546 | 2273 |
| Variacion Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | -8,64% |

Tabla 7.35. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo .

En la tabla de comparación 7.35, se ve que la producción en el modelo alternativo con las velocidades de cuello de botella para troncos podados de diámetro 32, ha disminuido en un 8.64% con respecto a la del modelo original.

Diámetro 38.

La tabla 7.36 muestra el resumen de los resultados del segundo modelo alternativo con las velocidades de cuello de botella teóricas para el diámetro 38 de los troncos podados.

| Escenario Alternativo con Velocidad de CB para Troncos Podados Diámetro 38 | | | | | | |
|--|------------|---------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 20225,46 | 2724,60 | 0,00 | | 0,88 | 0,00 |
| Quad 2 | 15857,84 | 7092,22 | 0,00 | | 0,69 | 0,00 |
| Canter 1 | 19615,80 | 3334,26 | 0,00 | | 0,85 | 0,00 |
| Canter 2 | 19639,13 | 3310,93 | 0,00 | | 0,86 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 19956,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 4104,00 | | |

Tabla 7.36. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Podados Diámetro 38.

En la tabla anterior, se ve que la utilización en las canteadoras es muy cercana a la de la línea central, siendo la de esta última ligeramente mayor. Como era de esperarse, no hay bloqueos ya que se esta trabajando con la velocidad de cuello de botella teórica de la línea para este diámetro y tipo de tronco al igual que en los casos anteriores.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Velocidades de CB para el Diámetro 38 | | | | | | |
|--|---------------|-----------------|------------|-----------|----------------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo 2 | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno |
| 270 | 300 | 4736,00 | 2368 | 371,45098 | 4104 | 2052 |
| Variacion Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | -13,34% |

Tabla 7.37. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

En la comparación entre el modelo alternativo con las velocidades de cuello de botella para troncos podados para el diámetro 38 y el modelo original con las capacidades de los equipos, se ve que hay una disminución en la producción del modelo alternativo de un 13.34%. Esto se aprecia en la tabla 7.37.

Diámetro 46.

La tabla 7.38 muestra el resumen de los resultados del segundo modelo alternativo con las velocidades de cuello de botella teóricas para el diámetro 46 de los troncos podados.

| Escenario Alternativo con Velocidad de CB para Troncos Podados Diametro 46 | | | | | | |
|--|------------|---------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 20919,50 | 2030,53 | 0,00 | | 0,91 | 0,00 |
| Quad 2 | 16403,00 | 6547,03 | 0,00 | | 0,71 | 0,00 |
| Canter 1 | 17441,39 | 5508,64 | 0,00 | | 0,76 | 0,00 |
| Canter 2 | 17451,03 | 5499,00 | 0,00 | | 0,76 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 17702,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 4760,00 | | |

Tabla 7.38. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Podados Diámetro 46.

En la tabla resumen anterior, se ve que la utilización de la línea central es mayor que la de las canteadoras, al igual que como sucedía en las corridas del modelo original para este tipo y diámetro de tronco.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Velocidades de CB para el Diámetro 46 | | | | | | |
|--|---------------|-----------------|------------|------------|----------------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo 2 | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno |
| 225 | 287 | 4760,00 | 1824,66667 | 286,222222 | 4760 | 1824,66667 |
| Variacion Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | 0,00% |

Tabla 7.39. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

En la tabla de comparación 7.39, se ve que no hay variación entre el modelo original y el alternativo con las velocidades de cuello de botella para este diámetro y tipo de tronco, esto nos indica que la velocidad de cuello de botella es la misma para la obtenida del modelo con las velocidades y capacidades de las máquinas y la obtenida del estudio de piece count.

7.3.3 Corridas con diferente esquema de corte para el diámetro 24 de los troncos industriales.

Por pedido de la contraparte de la empresa, se realizó una corrida del modelo en el cual se cambió el esquema de corte del diámetro 24 para el modelo de troncos industriales. Esto por que, si bien para éste diámetro es posible sacar un tercer lateral en la Twin después de haber pasado por la primera Quad, esto no es algo común.

El cambio en el esquema de corte, es como se ve en la figura 7.2.

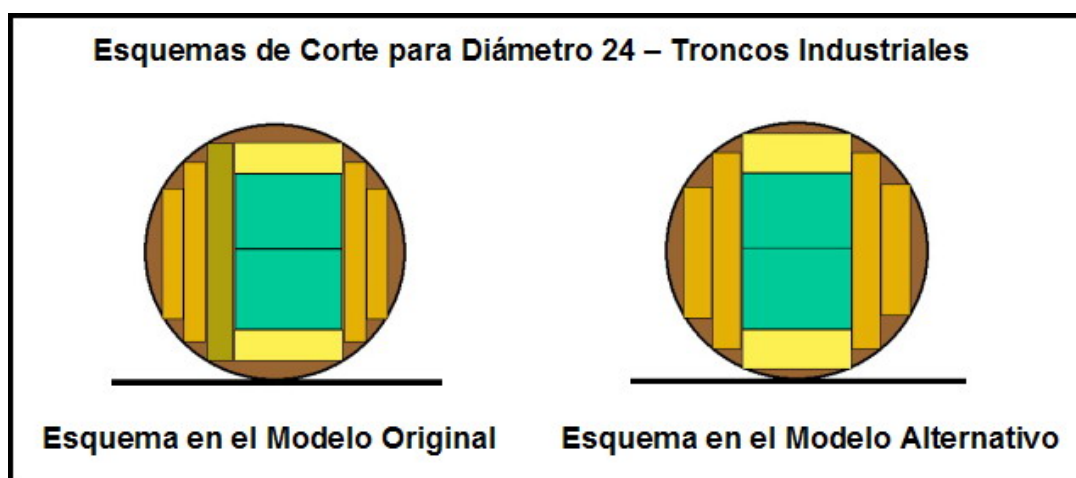


Figura 7.2. Cambio en Esquema de Corte para el Escenario Alternativo..

Los resultados de las corridas del modelo de simulación se presentan a continuación en la tabla 7.40.

| Escenario Alternativo sin Tercera Tabla Troncos Industriales Diametro 24 | | | | | | |
|--|------------|---------|---------|----------|-------------|----------|
| | Processing | Idle | Blocked | Conteo | %Processing | %Blocked |
| Quad 1 | 18681,94 | 4268,04 | 0,00 | | 0,81 | 0,00 |
| Quad 2 | 14637,12 | 8312,85 | 0,00 | | 0,64 | 0,00 |
| Canter 1 | 20718,11 | 2231,87 | 0,00 | | 0,90 | 0,00 |
| Canter 2 | 20722,50 | 2227,48 | 0,00 | | 0,90 | 0,00 |
| Sink1 (Laterales) | | | | 28220,00 | | |
| Sink2 (Centrales) | | | | 9396,00 | | |

Tabla 7.40. Resumen Resultados Escenario Alternativo Troncos Industriales Diámetro 24.

La comparación de los resultados de este escenario con respecto al modelo original se pueden ver en la tabla 7.41.

| Comparación entre Modelo Original v/s Modelo Alternativo con Diferente Esquema de Corte Diam. 24 | | | | | | | |
|--|---------------|-----------------|------------|-----------|----------------------|------------|------------|
| Piece Count 1 | Piece Count 2 | Modelo Original | | | Modelo Alternativo 2 | | |
| logs/hora | logs/hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora | centrales/turn | logs/turno | logs hora |
| 600 | 686 | 7672,00 | 3836 | 601,72549 | 9396 | 4698 | 736,941176 |
| Variacion Porcentual c/r al Modelo Original | | | | | | | 22,47% |

Tabla 7.41. Resumen Comparación Resultados del Modelo Original v/s Modelo Alternativo.

CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados presentados en el capítulo anterior.

- Como es sugerido por su nombre, Flexsim es un software de simulación sumamente flexible, que se adapta muy bien para la simulación de aserraderos. Al trabajar con objetos altamente parametrizados se acelera la construcción y modificación de los modelos. Esta misma característica a su vez acelera el aprendizaje del programa.
- La librería de objetos o templates creadas en el Centro Avanzado de Simulación de Procesos para la simulación de aserraderos, si bien acelera la parte gráfica y animación en la creación de un modelo en Flexsim, le falta desarrollo en relación al funcionamiento real de las máquinas en un aserradero. Se sugiere incluir una parametrización en las máquinas, para que el comportamiento de éstas sea determinado por una o varias características de las entidades; por ejemplo, como ocurre en un aserradero real, que el flujo de piezas, velocidad de las máquinas y esquemas de corte dependan de las características de las piezas con que se trabajan (diámetro del tronco, tipo de tabla, etc).

- Al momento de crear un modelo en Flexsim y también al utilizar los objetos para modelar aserraderos, hay que tener en cuenta una serie de detalles sobre el funcionamiento del programa que hace que las animaciones y la recolección de estadísticas en el modelo no sea exacta.
- La animación, en conjunto con la entrega de resultados parciales en un estudio de simulación, es una gran herramienta para la validación del modelo por parte de expertos del sistema real en estudio, en el caso en que no se cuente con la información necesaria para realizar una validación estadística del modelo.
- De acuerdo a la opinión de expertos involucrados en el proyecto de la nueva línea de aserrío y a la comparación de los resultados del modelo versus los resultados de los estudios de piece count, el modelo original de la planta es validado de acuerdo a los objetivos planteados y sus resultados comprueban los parámetros operacionales de la futura línea. De acuerdo a los resultados, la línea muestra una capacidad de procesamiento aproximada, de acuerdo a lo siguiente:
 - Troncos Industriales Diámetro 24 : 977.7 m³ por Turno o 3836 Troncos/Turno.
 - Troncos Industriales Diámetro 34 : 1675.2 m³ por Turno o 3275 Troncos/Turno.
 - Troncos Industriales Diámetro 44 : 1510.3 m³ por Turno o 1763 Troncos/Turno.
 - Troncos Podados Diámetro 32 : 1127.8 m³ por Turno o 2488 Troncos/Turno.
 - Troncos Podados Diámetro 38 : 1515.9 m³ por Turno o 2368 Troncos/Turno.
 - Troncos Podados Diámetro 46 : 1264.9 m³ por Turno o 1351 Troncos/turno.

- Se comprueba que el cuello de botella en la línea de aserrío depende del diámetro con que se trabaje. Para los diámetros mayores el cuello de botella se sitúa en la línea central y a medida que se baja el diámetro de trabajo, el cuello de botella se desplaza a las canteadoras, ésto tanto para la línea de troncos industriales como para la de podados. Lo anterior sucede, por que las velocidades de los diámetros menores son mayores, lo que produce un ritmo más rápido de salida de laterales hacia las canteadoras.
- Para los diámetros 24cm y 34cm de la línea de troncos industriales, el cuello de botella son las canteadoras, para el diámetro 44cm es la línea central.
- Para los diámetros 32cm y 38cm de la línea de troncos podados, el cuello de botella son las canteadoras, para el diámetro 46cm es la línea central.
- Los resultados del modelo alternativo con la tercera canteadora muestran que para la línea de troncos industriales hay una posibilidad de crecimiento en la producción en el diámetro 24cm de un 22% aproximadamente, lo cual también podría darse en otros diámetros menores de esta línea.
- Los resultados del modelo alternativo con la tercera canteadora muestran que para la línea de troncos podados hay una posibilidad de crecimiento en la producción de alrededor de un 35% en el caso del diámetro 32cm y 20% aprox. en el diámetro 38 cm.

- El modelo alternativo 2 donde se realizaron las corridas a la velocidad de cuello de botella de los piece count en el modelo original, muestra que los resultados de producción varían al compararlos tanto con el modelo original como con los resultados del estudio de piece count, esto sucede por que en el modelo se incorporan variables que no se consideran en los Piece Count, como el box de rechazo y los diferentes esquemas de corte.
- Los resultados del modelo alternativo, donde se cambia el esquema de corte para los troncos industriales de diámetro 24 (eliminando una tabla lateral), muestran un aumento en la producción por turno de alrededor de un 22% con respecto al modelo original. Esto sucede por que al eliminar el lateral se libera carga de trabajo de las canteadoras lo que aumenta la velocidad de cuello de botella de la línea.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.

- Law, Averrill M., Kelton, W. David, “Simulation Modeling and Análisis”, McGraw-Hill, New York, 1991.
- Banks J., Carson J.S., Nelson B.L, “Discrete-Event System Simulation”, Prentice-Hall, New Jersey, 1996.
- Chung, Christopher A., “Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach”, CRC Press LLC, 2004.
- Kelton W.D., Sadowski R.P., Sadowski D.A., “Simulation with Arena”, Mc Graw Hill, Boston, 1998.
- Sanfurgo J., Jarpa R.; “Mejoramiento en la Producción de la Línea Delgada del Aserradero Bucalemu Mediante el uso de Simulación”, Tesis para la obtención de título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Industrial, 2002.
- Troncoso F., Gómez A.; “Caracterización y Estandarización de Productos, Procesos y Equipos en la Industria del Aserrío”, Tesis para la obtención de título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Industrial, 2003.

- Araya M., Eduardo, “Mejoramiento en la Producción Mediante la Utilización de Simulación y Diseño Experimental en Línea Delgada Aserradero Bucalemu, CMPC Maderas”, Tesis para la obtención de título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Industrial, 2003.
- Paredes M., Cristian Fernando, “Estudio de Mejoramiento de Proceso Productivo en Línea Automatizada de Clasificación y Cepillado de Madera Seca, en CMPC Maderas S.A., Planta Mulchén”, Tesis para la obtención de título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Industrial, 2004.
- Palma J. “Simulación de Pabellones de Cirugía Ambulatoria”. Tesis para la obtención de título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad del Bío-Bío, Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Industrial. 2000.