



Pulp and Paper Business Logistics

Entrega 1: modelo Conceptual

Alumnos:

Ignacio Acevedo
Ignacio Barría
Daniel Carrasco
Kevin Johnson

Fecha Entrega: 23 de marzo del 2017



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS
ICS3723 – SIMULACIÓN

Índice

• Introducción	5
• Contextualización del problema	5
• Entidades que fluyen por el sistema	5
• Recursos y capacidades	6
• Políticas de operación	6
• Límites del modelo	11
• Supuestos	11
• Variables aleatorias de INPUT y OUTPUT	13
• Eventos	14
• Aspectos a estudiar (<i>Base Model</i>)	15
• Conclusión	15
• Bibliografía	16
• Anexos	17



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS
ICS3723 – SIMULACIÓN

Índice de ilustraciones

• Ilustración 1: vista en planta de procesamiento	8
• Ilustración 2: distribución espacial de los aserraderos y las papeleras, indexados por los números de 1 a 100	10
• Ilustración 3: asignación aserraderos-plantas	11
• Ilustración 4: distribución espacial de los caminos (en rojo)	11



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS
ICS3723 – SIMULACIÓN

Índice de tablas

- Tabla 1: días de reparación y descanso 7
- Tabla 2: distribución de camiones que salen de un aserradero 13



Anexos

- Anexo 1: código en Python para elegir al azar 1 o 2 días libres para cada aserradero (L.O.) 17
- Anexo 2: archivo de texto generado por el código del anexo 1 17
- Anexo 3: código en Python para asignar a cada aserradero un molino al azar 18
- Anexo 4: archivo de texto generado por el código de la figura 6 18
- Anexo 5: cantidad de camiones que tiene cada aserradero 19



Introducción

En el presente informe se presentarán las bases conceptuales de la simulación para el concurso de simulación de SIMIO, titulado “*Pulp and Paper Business Logistics*”.

Se analizarán y explicarán las entidades que fluyen en el sistema, las capacidades y los recursos involucrados, las políticas de operación, los límites del modelo, los supuestos, las variables aleatorias de INPUT y de OUTPUT, y los eventos. Todos elementos constitutivos del modelo computacional que se desarrollará en las próximas etapas.

Contextualización del problema

Se pretende que mediante un modelo de simulación (con un horizonte de dos años) se optimice coordinadamente la operación logística de los aserraderos del *midwest* estadounidense, para lo que debemos decidir qué aserradero produce para qué planta, entre otros aspectos de la logística.

Es importante considerar que, dada la libertad que deja la formulación del enunciado, aspectos fundamentales del negocio papero fueron definidos por el equipo, lo que será explicado más adelante en los apartados de supuestos y políticas de operación.

Entidades que fluyen por el sistema

- i. Madera: como es lógico, en un modelo de esta naturaleza lo que nos interesa es obtener y recibir información del movimiento de madera, no obstante, no será modelada como una entidad en sí, sino como un parámetro en los camiones.
- ii. Camiones: conforme al enunciado, estas son las entidades utilizadas para transportar la madera desde los aserraderos hasta las plantas de procesamiento.



Recursos y capacidades

- i. Grúas: son entidades utilizadas para transportar y acomodar la madera en los centros de acopio de las plantas.
- ii. Capacidades de inventario:
 - a. *Koala Paper*: 100.000 toneladas.
 - b. *Bright*: 120.000 toneladas.
 - c. *PaperTech*: 60.000 toneladas.
- iii. Cantidad de grúas por planta: seis.
- iv. Pistas de circulación de camiones en *scale-houses*: una por sentido.
- v. Cantidad de manera al comenzar la simulación:
 - a. *Koala Paper*: 60.000 toneladas.
 - b. *Bright*: 60.000 toneladas.
 - c. *PaperTech*: 55.000 toneladas.
- vi. Cantidad de camiones de cada aserradero: entre 4 y 6 (ver anexo 5 para más detalle).

Políticas de operación

- i. Funcionamiento de los aserraderos y sus camiones
 - a. Las horas de operación de los aserraderos corresponden a las horas de luz, la información al respecto fue extraída de www.tutiempo.net/calendario-solar/ (se considerará la ubicación de Minneapolis, ciudad del *midwest* estadounidense en Minnesota).
 - b. En los caminos se desplazan los camiones llenos a una velocidad de 45mph cuando están cargados y a 55mph cuando no, mientras que, dentro de las plantas de procesamiento, por razones de seguridad, se desplazan a 10mph.
 - c. El costo de transportar un camión desde un aserradero hacia una planta de procesamiento es de 0,12 USD/ (tonelada milla). Se asumirá que el costo de regreso es despreciable.
 - d. La descarga de camiones en las papeleras se realiza con política FIFO.
 - e. Los aserraderos saben al inicio de la jornada laboral (cuando amanece) la cantidad máxima de camiones cargados que podrían enviar durante el día.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
 ESCUELA DE INGENIERÍA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS
 ICS3723 – SIMULACIÓN

- f. El aserradero tiene las cargas de madera ya disponibles para el envío cuando recibe los pedidos (sujeto a la disponibilidad de camiones y cantidad máxima que se puede enviar al día).
- g. Los aserraderos envían los cargamentos desde el centro de sus instalaciones.
- h. Los aserraderos reforestan plantando un árbol en la misma ubicación donde talan.
- i. Se considerará que los aserraderos dejan días para el mantenimiento de los equipos y descanso de acuerdo a la Tabla 1.

Aserradero 1	Aserradero 2	Aserradero 3	Aserradero 4	Aserradero 5	Aserradero 6	Aserradero 7	Aserradero 8	Aserradero 9	Aserradero 10
Martes	Viernes	Sábado	Domingo	Miércoles	Martes	Martes	Domingo	Domingo	Domingo
	Domingo	Jueves	Miércoles		Jueves	Lunes	Lunes	Jueves	
Aserradero 11	Aserradero 12	Aserradero 13	Aserradero 14	Aserradero 15	Aserradero 16	Aserradero 17	Aserradero 18	Aserradero 19	Aserradero 20
Domingo	Viernes	Sábado	Miércoles	Sábado	Domingo	Martes	Domingo	Domingo	Domingo
	Sábado			Miércoles	Sábado		Jueves	Jueves	Miércoles
Aserradero 21	Aserradero 22	Aserradero 23	Aserradero 24	Aserradero 25	Aserradero 26	Aserradero 27	Aserradero 28	Aserradero 29	Aserradero 30
Domingo	Domingo	Miércoles	Martes	Martes	Domingo	Jueves	Jueves	Martes	Miércoles
Miércoles	Martes	Domingo	Domingo	Domingo		Domingo	Domingo		Jueves
Aserradero 31	Aserradero 32	Aserradero 33	Aserradero 34	Aserradero 35	Aserradero 36	Aserradero 37	Aserradero 38	Aserradero 39	Aserradero 40
Jueves	Viernes	Viernes	Domingo	Jueves	Lunes	Martes	Domingo	Domingo	Domingo
Sábado		Domingo			Jueves	Domingo	Lunes	Sábado	
Aserradero 41	Aserradero 42	Aserradero 43	Aserradero 44	Aserradero 45	Aserradero 46	Aserradero 47	Aserradero 48	Aserradero 49	Aserradero 50
Jueves	Lunes	Viernes	Lunes	Martes	Jueves	Sábado	Domingo	Miércoles	Jueves
	Martes			Miércoles	Miércoles		Miércoles	Jueves	Domingo
Aserradero 51	Aserradero 52	Aserradero 53	Aserradero 54	Aserradero 55	Aserradero 56	Aserradero 57	Aserradero 58	Aserradero 59	Aserradero 60
Lunes	Domingo	Lunes	Viernes	Domingo	Domingo	Miércoles	Domingo	Domingo	Miércoles
		Domingo		Martes	Lunes		Martes	Sábado	Domingo
Aserradero 61	Aserradero 62	Aserradero 63	Aserradero 64	Aserradero 65	Aserradero 66	Aserradero 67	Aserradero 68	Aserradero 69	Aserradero 70
Domingo	Domingo	Domingo	Lunes	Domingo	Domingo	Domingo	Lunes	Domingo	Domingo
Martes		Sábado		Miércoles	Lunes				
Aserradero 71	Aserradero 72	Aserradero 73	Aserradero 74	Aserradero 75	Aserradero 76	Aserradero 77	Aserradero 78	Aserradero 79	Aserradero 80
Martes	Jueves	Miércoles	Viernes	Sábado	Sábado	Domingo	Lunes	Lunes	Domingo
	Domingo	Domingo		Domingo	Viernes			Jueves	Martes
Aserradero 81	Aserradero 82	Aserradero 83	Aserradero 84	Aserradero 85	Aserradero 86	Aserradero 87	Aserradero 88	Aserradero 89	Aserradero 90
Sábado	Lunes	Domingo	Martes	Martes	Sábado	Domingo	Sábado	Lunes	Domingo
Viernes			Jueves	Domingo	Miércoles		Domingo	Domingo	
Aserradero 91	Aserradero 92	Aserradero 93	Aserradero 94	Aserradero 95	Aserradero 96	Aserradero 97	Aserradero 98	Aserradero 99	Aserradero 100
Miércoles	Domingo	Domingo	Lunes	Domingo	Martes	Domingo	Jueves	Sábado	Domingo
			Viernes		Viernes			Miércoles	

Tabla 1: días de reparación y descanso

- ii. Funcionamiento de las papeleras
 - a. La forma de una papelería es de acuerdo a la Ilustración 1, donde se tienen las estaciones de pesaje en la vía de ida y la de vuelta, las grúas



(móviles), el centro de acopio de madera (del tamaño de 4 campos de fútbol americano) y el edificio de procesamiento (*digester*) en la parte superior. Para efectos del modelo no se toma en cuenta la distancia extra del *digester*, solo está en la figura para poder explicar de mejor manera. Un camión recorre la planta desde la entrada hasta donde esté el primer espacio desocupado (respecto al *digester*), lugar donde espera que una grúa lo descargue, para luego cruzar y dirigirse por la vía de retorno hasta la salida (para más claridad verla Ilustración 1).

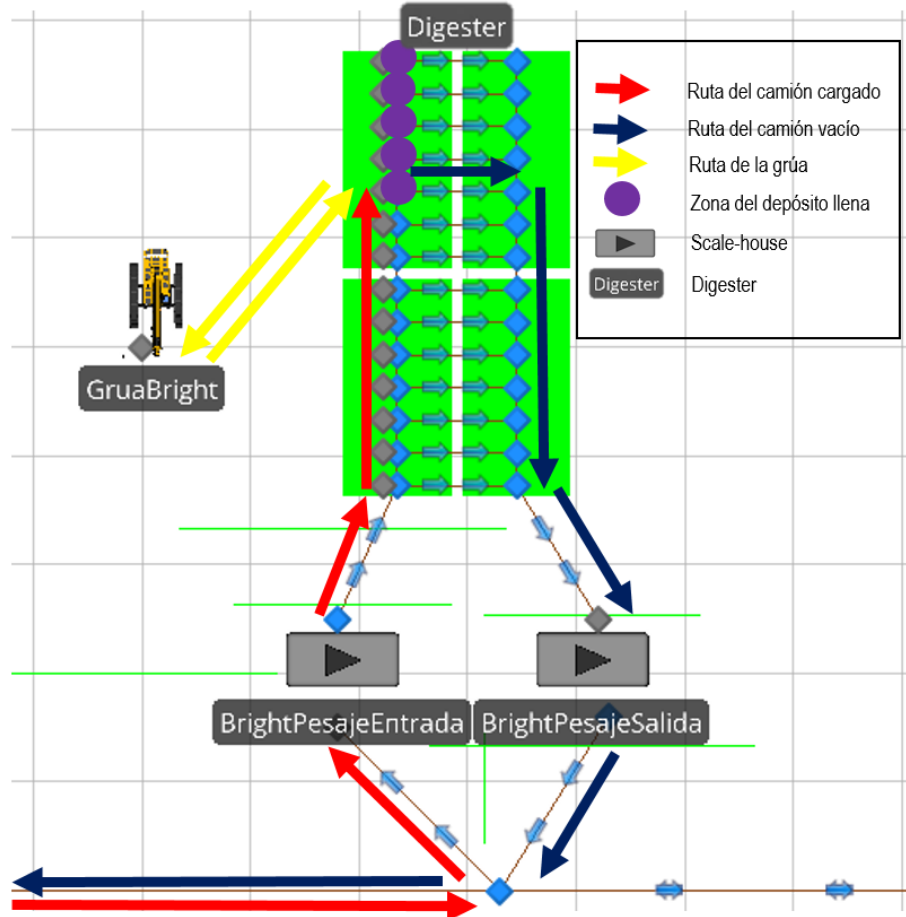


Ilustración 1: vista de una planta de procesamiento

- b. El camino que deben recorrer los camiones dentro de una planta depende del estado de saturación del depósito, donde recorren menos si está más



lleno (ver Ilustración 1). El área del depósito corresponde al área de cuatro canchas de fútbol americano (distribuidas conforme a la Ilustración 1). Las dimensiones de una cancha de fútbol americano son 110 metros de largo por 50 metros de ancho.

- c. Las papeleras funcionan todo el tiempo (política 24/7).
 - d. Las papeleras saben su demanda al principio del día (00:00).
 - e. Las papeleras pueden solicitar camiones cargados a los aserraderos desde que sale el Sol hasta que este pone.
 - f. Las grúas se mantienen cada 250 horas de trabajo.
 - g. El tiempo de pesaje de los camiones salientes es de un minuto.
 - h. Una papelerera define al principio del día cuántas cargas pedirá a cada aserradero de acuerdo al siguiente mecanismo:
 - i. Define cuántas cargas solicitará dividiendo su demanda en 30 toneladas (el valor esperado de la carga de cada camión).
 - ii. Divide la cantidad de cargas homogéneamente entre el total de aserraderos asignados (división entera). El resto de las cargas son pedidas a los aserraderos más cercanos de una en una (se pide una al más cercano, luego una al siguiente más cercano, y así sucesivamente hasta completar lo necesario). La justificación de esta política es no dar tanto poder de mercado al aserradero más cercano.
 - iii. Para realizar el proceso anterior no se consideran los aserraderos que no tienen madera o los que estén en día libre.
 - iv. Los aserraderos distribuyen sus envíos en la jornada laboral, de modo tal que el tiempo entre los envíos en un día dado es constante (por la magnitud de las distancias y que la jornada laboral de los aserraderos en horas de Sol no puede ocurrir que llegue un envío después de las 24:00).
- iii. *Stockouts*
- a. Ante un *stockout* se detiene la operación de los aserraderos hasta que el inventario esté nuevamente en al menos 1000 toneladas.
 - b. Si en algún momento del día en una papelerera se tiene un *stock* de madera menor a 20.000 toneladas (riesgo de *stockout*) esta pedirá adicionalmente la cantidad máxima que los aserraderos pueden enviar en el resto del día (según nivel de cercanía), hasta completar (de ser posible) una demanda adicional de $20.000 - Q + R$, donde Q representa la cantidad de toneladas en el depósito y R es la cantidad de demanda del día que aún no ha



llegado (para sobrepasar las 20.000 y no se quede en riesgo de que ocurra la situación nuevamente).

iv. Distribución espacial de las instalaciones

- a. La distribución espacial de los aserraderos y las plantas es de acuerdo a una grilla cuadrada de 11 por 11, donde cada lado mide 110 millas, en ella se ubican los molinos en las posiciones centrales y en cada una de las casillas restantes un aserradero, quedando 7 desocupadas (ver Ilustración 2).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35		36		37	38	39	40
41	42	43		KOALA		PAPERTECH		44	45	46
47	48	49	50				51	52	53	54
55	56	57	58		BRIGHT		59	60	61	62
63	64	65	66	67		68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
	84	85	86	87	88	89	90	91	92	
		93	94	95	96	97	98	99	100	
				KOALA PAPER						
				PAPERTECH						
				BRIGHT						
				NO WOOD						

Ilustración 2: distribución espacial de los aserraderos y las papeleras, indexados por los números de 1 a 100

- b. La forma de funcionamiento inicial (*basemodel*), es decir, la asignación entre aserraderos y plantas, es la que indica la Ilustración 2 (se hizo al azar con un código programado en Python¹).

¹ Lo que hace el código es generar una lista en que se mantienen las proporciones deseadas y luego reordenarlas aleatoriamente para hacer la asignación a las papeleras, para más detalle vea el anexo disponible al final del documento.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
 ESCUELA DE INGENIERÍA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS
 ICS3723 – SIMULACIÓN

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35		36		37	38	39	40
41	42	43		KOALA		PAPERTECH		44	45	46
47	48	49	50				51	52	53	54
55	56	57	58		BRIGHT		59	60	61	62
63	64	65	66	67		68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
	84	85	86	87	88	89	90	91	92	
		93	94	95	96	97	98	99	100	
		KOALA PAPER								
		PAPERTECH								
		BRIGHT								
		NO WOOD								

Ilustración 3: asignación aserraderos-plantas

- c. Para que los camiones viajen desde un aserradero a una planta respectiva se considerarán caminos cada 2 filas de la grilla, con una circunvalación en el centro, como se muestra en la Ilustración 3. Así, cada aserradero enviará sus camiones por la carretera que pasa por su costado.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35		36		37	38	39	40
41	42	43		KOALA		PAPERTECH		44	45	46
47	48	49	50				51	52	53	54
55	56	57	58		BRIGHT		59	60	61	62
63	64	65	66	67		68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
	84	85	86	87	88	89	90	91	92	
		93	94	95	96	97	98	99	100	
				KOALA PAPER						
				PAPERTECH						
				BRIGHT						
				NO WOOD						

Ilustración 4: distribución espacial de los caminos (en rojo)



Límites del modelo

- i. La representación del funcionamiento original de la industria es limitada, pues se consideró, por la falta de organización colectiva, una distribución definida al azar entre los aserraderos y las plantas.
- ii. El modelo no considera fluctuación en los tiempos de trabajo de los aserraderos.
- iii. No considera eventuales variaciones de precio.
- iv. Se estima total fidelidad de los aserraderos con las asignaciones.

Supuestos

- i. Papeleras
 - a. Para obtener el costo Inventario, se tomará la cantidad de madera en el inventario (toneladas de madera) a las 23:59 de cada día, se multiplicará por US\$50/tonelada luego este valor será multiplicado por la tasa de WACC dividida por 365. De esta manera obtendremos el costo diario de inventario.
 - b. El tiempo que tome la circulación de un camión dentro de una papelera será proporcional a la distancia a recorrer (considerando la velocidad de 10mph) y a la saturación del centro de acopio de la planta. Es decir, si en el molino hay mucho inventario el camión deberá descargar en la entrada de la zona de depósito.
 - c. La interpretación que se hará de la descripción del tiempo de pesaje que entrega el enunciado será mediante una distribución triangular de parámetros (2,2,7).
 - d. El tiempo de descarga de un camión se comporta como una variable aleatoria normal de media 10 minutos y desviación estándar 2.
 - e. El tiempo de mantención de las grúas, en base a lo descrito en el enunciado, se comporta de acuerdo a una distribución triangular de parámetros (1,1,5).
- i. Aserraderos
 - a. No hay fallas en el funcionamiento de los camiones ni en la operación de los aserraderos.
 - b. La cantidad máxima de camiones que puede salir en un día de un aserradero es determinada por la temporada, conforme a la Tabla 2.



Cargas por día	Meses
UniformeDiscreta(6,8)	Enero a marzo
95%UniformeDiscreta(3,5) 5% nada	Abril a mayo
UniformeDiscreta(5,7)	Otros meses

Tabla 2: distribución de camiones que salen de un aserradero

- c. Se considera que los días de no producción producto del clima son comunes a todos los aserraderos, pues enfrentan las mismas condiciones climáticas.
- d. Se considerará que el peso de un camión luego de ser cargado se comporta como una variable triangular de parámetros (25,30,35).
- e. El costo de regreso de los camiones es despreciable, por lo que se considera solo el costo de ida.

ii. Bosques de la región

- a. Se asume que el árbol talado en la región es *Pupulus tremuloides* (álamo temblón), esto pues es la principal especie usada para la producción papelería (Confederation of Paper Industries, 2008) disponible en Minnesota (Forest Service, 2008).
- b. Los bosques producen 35 toneladas/acre anualmente de materia procesable (Forest Service, 2008).
- c. Los árboles en las instalaciones de los aserraderos tienen entre 0 y 55 años (vamos a asumir que los árboles más viejos ya fueron contados) y se pueden cortar desde los 40 años (Kidd,1998).
- d. Si se tiene que las papelerías consumen 60.000 toneladas al año no habrá problemas, pues se tienen aproximadamente 40.000 toneladas de árboles de cada edad, por lo tanto, en los dos años de simulación se tiene que la tasa de crecimiento será mayor a la tasa de tala.

Variables aleatorias de INPUT y de OUTPUT

I. Variables aleatorias de INPUT

- a. Consumo diario de madera en Koala Paper: Normal(4000,200).



- b. Consumo diario de madera en Bright: Normal(4000,100).
- c. Consumo diario de madera PaperTech: Triangular(4500, 5000, 5500).
- d. Tiempos de pesaje en cada papelera: Triangular(2,2,7).
- e. Tiempo de descarga de los camiones: Normal(10,2).
- f. Tiempo de mantención de las grúas: Triangular(1,1,5).
- g. Cantidad máxima de camiones que sale en un día de un aserradero es determinada por la temporada, conforme a la Tabla 2.
- h. Peso de los camiones luego de ser cargados: Triangular(25,30,35).

II. Variables aleatorias de OUTPUT

- a. Costo por *stockout*.
- b. Costo por viajes.
- c. Inventario promedio.
- d. Costo en inventario.
- e. Días perdidos por mal tiempo.
- f. Cantidad de ocurrencias de *stockout*.
- g. Máximo de madera cortada en un territorio.
- h. Promedio de madera cortada por aserradero.
- i. Cantidad de reparaciones de las grúas.
- j. Días no trabajados producto de los *stockout*.

Eventos

Los eventos asociados a la entidad camión que producen cambios en el sistema y que serán simulados por el modelo son, en orden lógico, los siguientes:

- i. Un camión sale de su aserradero en dirección a la planta asignada.
- ii. Un camión llega al *scale-house* para el pesaje y papeleo de entrada.
- iii. Un camión sale del *scale-house* en dirección al depósito de madera.
- iv. Un camión llega al punto de descarga pertinente.
- v. Un camión sale de un punto de descarga.
- vi. Un camión llega nuevamente al *scale-house* para el re-pesaje de salida.
- vii. Un camión sale del *scale-house* en dirección a su aserradero.

Por otra parte, existen eventos asociados a las operaciones de planta, estos son:

- i. Una grúa de descarga necesita mantenimiento.



- ii. Ocurre un *stockout* que detiene las operaciones del molino hasta que el inventario llegue a 1.000.
- iii. El inventario baja de 20.000 y se asume una multa de \$1M.

Aspectos a estudiar (*Base Model*)

- i. Costo de transporte total en el sistema.
- ii. Inventario Promedio en cada planta.
- iii. Costo total de inventario.
- iv. Gasto por penalización por bajo inventario.
- v. Cuántos días se perdieron debido al mal tiempo.
- vi. ¿Cuántos *stockouts* ocurrieron?
- vii. Cantidad máxima de madera talada en los territorios.
- viii. Cantidad promedio de madera cortada por aserradero.
- ix. Tiempo de espera promedio de cada *scalehouse* para camiones que llegan.
- x. Cuántas reparaciones de grúas ocurrieron en el año.
- xi. Días perdidos de producción en cada molino debido a *stockouts*.

Conclusión

En base a las características expuestas construiremos la simulación base, para en posteriores etapas poder testear diversas políticas de logística y almacenamiento, por ejemplo, una basada en la estación del año.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS
ICS3723 – SIMULACIÓN

Bibliografía

Estados Unidos. Departamento de Agricultura, U.S Forest Service .(2007). *Mapping Forest Resources of the United States*. Recuperado de: https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/wo_gtr078_106_132.pdf

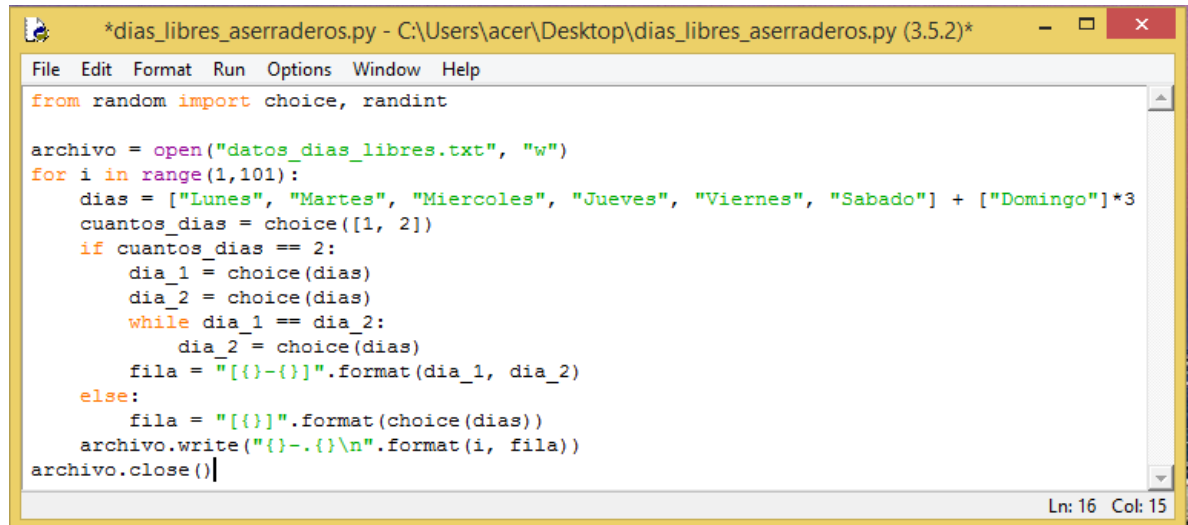
Estados Unidos. Departamento de Agricultura, U.S Forest Service. (2008). *Minnesota's Forests*. Recuperado de: https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/rb/rb_nrs50.pdf

Confederation of Paper Industries (2008). *Trees Used in Papermaking*. Recuperado de: <http://www.paper.org.uk/information/factsheets/trees.pdf>

Russell P. Kidd and Melvin Koelling, Michigan State University (1998). *Aspen Management in Michigan*. Recuperado de http://www.michiganforesters.com/aspen_management_in.htm



Anexos



```
from random import choice, randint

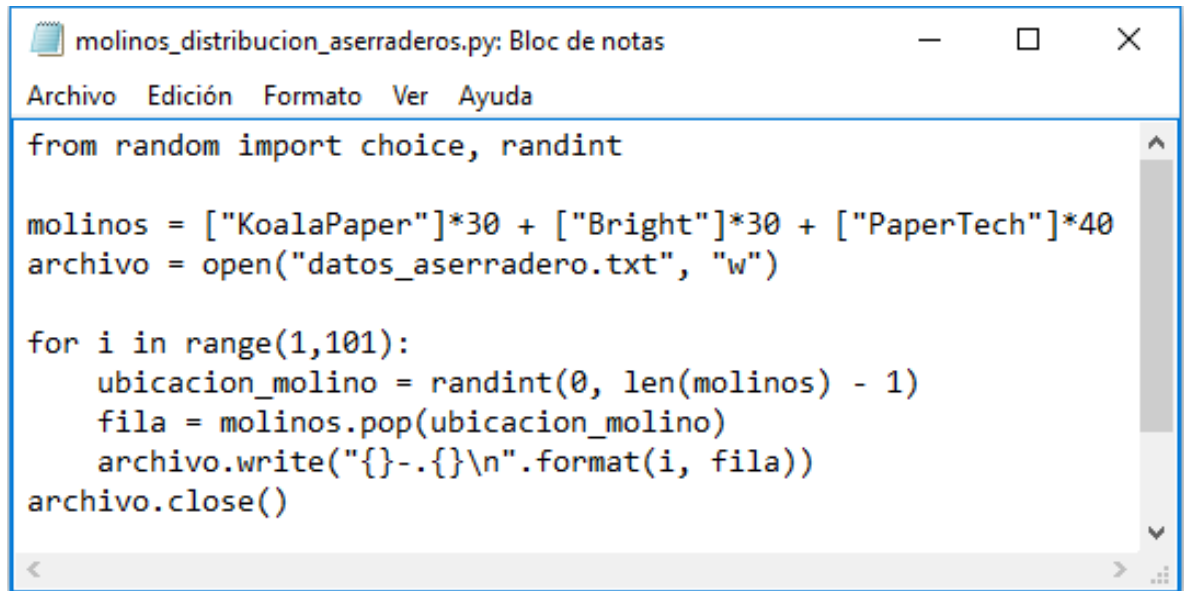
archivo = open("datos_dias_libres.txt", "w")
for i in range(1,101):
    dias = ["Lunes", "Martes", "Miercoles", "Jueves", "Viernes", "Sabado"] + ["Domingo"]*3
    cuantos_dias = choice([1, 2])
    if cuantos_dias == 2:
        dia_1 = choice(dias)
        dia_2 = choice(dias)
        while dia_1 == dia_2:
            dia_2 = choice(dias)
        fila = "{}-{}".format(dia_1, dia_2)
    else:
        fila = "{}".format(choice(dias))
    archivo.write("{}-{}\n".format(i, fila))
archivo.close()
```

Anexo 1: Código en Python para elegir al azar 1 o 2 días libres para cada aserradero (L.O.)



```
1-. [Domingo]
2-. [Lunes-Miercoles]
3-. [Viernes-Miercoles]
4-. [Viernes-Domingo]
5-. [Miercoles-Jueves]
6-. [Sabado]
7-. [Viernes]
8-. [Miercoles-Domingo]
9-. [Domingo]
10-. [Martes]
11-. [Viernes-Sabado]
12-. [Miercoles]
13-. [Martes-Miercoles]
14-. [Martes-Domingo]
15-. [Sabado-Domingo]
16-. [Sabado-Jueves]
```

Anexo 2: Archivo de texto generado por el código del anexo 1

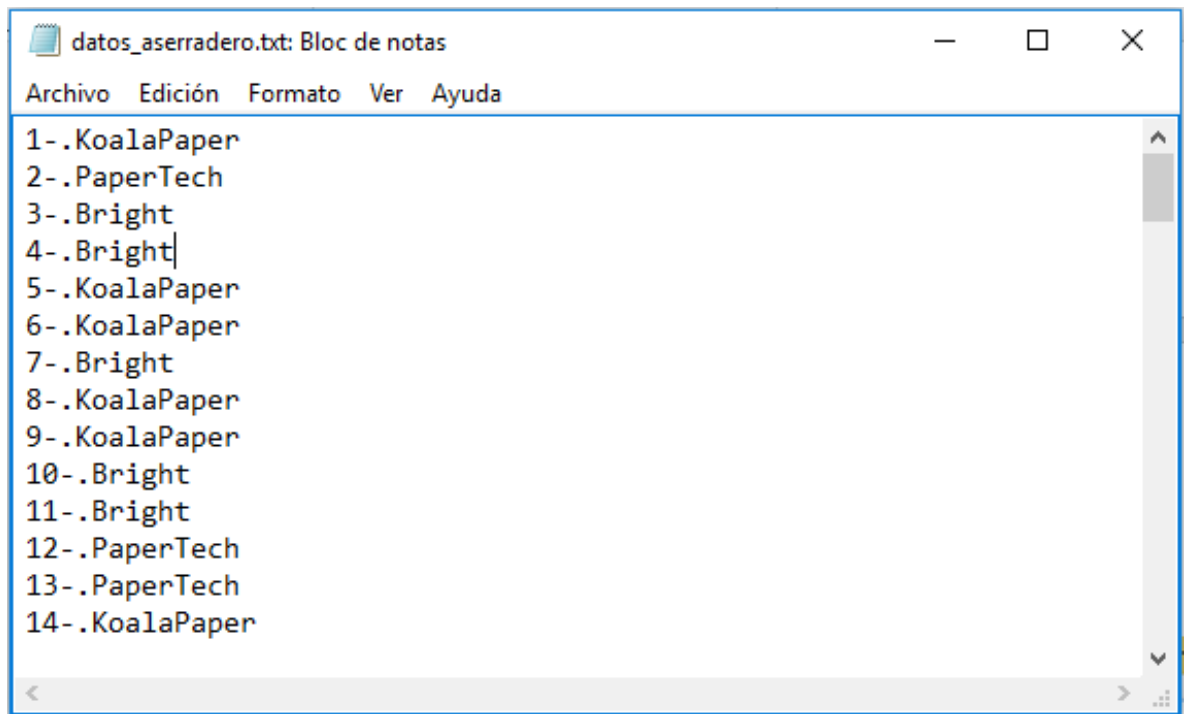


```
from random import choice, randint

molinos = ["KoalaPaper"]*30 + ["Bright"]*30 + ["PaperTech"]*40
archivo = open("datos_aserradero.txt", "w")

for i in range(1,101):
    ubicacion_molino = randint(0, len(molinos) - 1)
    fila = molinos.pop(ubicacion_molino)
    archivo.write("{}-{}\n".format(i, fila))
archivo.close()
```

Anexo 3: Código en Python para asignar a cada aserradero un molino al azar



```
1-.KoalaPaper
2-.PaperTech
3-.Bright
4-.Bright
5-.KoalaPaper
6-.KoalaPaper
7-.Bright
8-.KoalaPaper
9-.KoalaPaper
10-.Bright
11-.Bright
12-.PaperTech
13-.PaperTech
14-.KoalaPaper
```

Anexo 4: Archivo de texto generado por el código de la figura 6



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
 ESCUELA DE INGENIERÍA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS
 ICS3723 – SIMULACIÓN

Aserradero 1	Aserradero 2	Aserradero 3	Aserradero 4	Aserradero 5	Aserradero 6	Aserradero 7	Aserradero 8	Aserradero 9	Aserradero 10
4	6	4	6	4	6	6	4	4	6
Aserradero 11	Aserradero 12	Aserradero 13	Aserradero 14	Aserradero 15	Aserradero 16	Aserradero 17	Aserradero 18	Aserradero 19	Aserradero 20
6	4	6	5	4	6	4	6	4	4
Aserradero 21	Aserradero 22	Aserradero 23	Aserradero 24	Aserradero 25	Aserradero 26	Aserradero 27	Aserradero 28	Aserradero 29	Aserradero 30
6	5	5	5	4	4	6	4	6	6
Aserradero 31	Aserradero 32	Aserradero 33	Aserradero 34	Aserradero 35	Aserradero 36	Aserradero 37	Aserradero 38	Aserradero 39	Aserradero 40
5	4	5	5	4	6	5	6	5	5
Aserradero 41	Aserradero 42	Aserradero 43	Aserradero 44	Aserradero 45	Aserradero 46	Aserradero 47	Aserradero 48	Aserradero 49	Aserradero 50
5	6	6	6	4	4	4	5	4	6
Aserradero 51	Aserradero 52	Aserradero 53	Aserradero 54	Aserradero 55	Aserradero 56	Aserradero 57	Aserradero 58	Aserradero 59	Aserradero 60
4	4	6	5	6	5	6	4	6	6
Aserradero 61	Aserradero 62	Aserradero 63	Aserradero 64	Aserradero 65	Aserradero 66	Aserradero 67	Aserradero 68	Aserradero 69	Aserradero 70
6	5	4	5	4	6	5	6	6	6
Aserradero 71	Aserradero 72	Aserradero 73	Aserradero 74	Aserradero 75	Aserradero 76	Aserradero 77	Aserradero 78	Aserradero 79	Aserradero 80
4	4	5	6	6	4	5	4	4	4
Aserradero 81	Aserradero 82	Aserradero 83	Aserradero 84	Aserradero 85	Aserradero 86	Aserradero 87	Aserradero 88	Aserradero 89	Aserradero 90
4	6	6	4	5	5	5	4	5	5
Aserradero 91	Aserradero 92	Aserradero 93	Aserradero 94	Aserradero 95	Aserradero 96	Aserradero 97	Aserradero 98	Aserradero 99	Aserradero 100
5	6	4	6	5	4	5	4	6	4

Anexo 5: cantidad de camiones que tiene cada aserradero