

Software de Propuesta de Consumo para los Patios de Madera en las plantas Celulosa Arauco

Sergio Alejandro Ramos Pérez

Profesor Patrocinante: Javier Vidal Valenzuela.

Ingeniero Guía: Leonardo Olave Pozo.

Informe de Memoria de Título

Para optar al título de:

Ingeniero Civil Informático

Departamento Ingeniería Informática

y Ciencias de la Computación

Facultad de Ingeniería

Enero 2018

Resumen

Las plantas de celulosa cuentan con patios de recursos madereros que les permite una producción continua de celulosa. La gestión de estos es crucial para lograr una calidad de pulpa constante y poder utilizar los recursos adecuadamente.

El presente trabajo propone, mediante un software de reportería desarrollado en la plataforma QlikSense, implementar un algoritmo que permita deducir desde cuales ubicaciones específicas abastecerse durante el día, utilizando como parámetro la antigüedad de los troncos en los patios de madera.

Específicamente este proyecto fue desarrollado para todas las plantas de la empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A. en Chile y entregó como resultado un reporte en línea que, al día de hoy, es utilizado para consolidar la información de todas plantas de celulosa de la compañía.



Índice

Capítulo 1.....	1
Introducción	1
1.1 El Problema	3
1.2 Resultados esperados	3
1.3 Objetivo general.....	4
1.4 Objetivos específicos.....	4
1.5 Requisitos específicos de software	4
Capítulo 2.....	5
Planteamiento de la Problemática	5
2.1 Gestión de los patios de madera	5
2.2 Celulosa Arauco y Constitución S.A.....	7
2.3 El ciclo de la Madera en Planta	9
Capítulo 3.....	12
Sistema Desarrollado	12
3.1 Inteligencia de negocios.....	12
3.2 Decisión de Herramienta de trabajo.....	12
3.3 Metodología incremental	16
3.4 Consolidado de la información	18
3.5 Implementación en Qlik Sense, cálculo del stock de rollizo en cancha y de edad promedio	19
3.6 Proyección de Autonomía de las Plantas.....	23
3.7 Propuesta de Consumo	25
3.8 Antigüedad de la madera de la propuesta de consumo	26
Capítulo 4.....	28
Experimentos y Resultados.....	28
4.2 Propuesta de Consumo	32
4.3 Resultados	32
Capítulo 5.....	35
Conclusión	35
5.1 Trabajos futuros.....	36
Referencias	37

Glosario

AQL: es una tecnología de lógica asociativa de consultas patentada por QlikTech12, reside en la construcción de cubos temporales en memoria RAM con todos los datos y cálculos que se la aplicación necesite.

BW: Base de Datos para las compañías.

Celulosa: Materia prima y principal constituyente de la madera. La fabricación de la celulosa consiste en separar la fibra del compuesto químico de la lignina mediante procesos industriales químicos o mecánicos. Es el producto final de las plantas de celulosa.

Dashboard: Son planillas interactivas para el usuario donde la información se organiza y se presenta de forma fácil e intuitiva.

ERP: Es un sistema de soporte para las empresas que integra datos de áreas como planificación, compras, inventarios, recursos humanos, etc.

Jefe Patio de Maderas: Ingeniero responsable por la gestión de los patios de madera de las plantas celulosa.

KPI: Indicadores clave de desempeño, son mediciones de procesos que se quieren analizar o bien datos relevantes para visualizar.

Poda: Proceso de cuidado del rollizo donde se cortan las ramas bajas muertas de los troncos.

Qlik: Compañía de software de modelamiento de información y software BI.

QlikSense: Software de modelamiento de información de la empresa Qlik.

QVD: Formato especializado para la lectura desde las plataformas Qlik.

SAP: “Systems Applications and Products” es un software ERP.

Sistema Legacy: Software propio de una empresa en particular que ha quedado anticuado en tecnología, pero que sin embargo sigue en uso y no se puede reemplazar.

Capítulo 1

Introducción

La celulosa o fibra es un elemento constitutivo de la madera que se utiliza para la fabricación de, por ejemplo, el papel. Desde el punto de vista químico, la celulosa es un polímero natural formado por unidades de glucosa. Las fibras se encuentran en la madera y su fabricación consiste en separar esta fibra mediante procesos industriales químicos o mecánicos. La celulosa está muy presente en la vida diaria. En efecto, constituye la materia prima básica en la fabricación de libros, revistas y periódicos. Lo mismo ocurre con los diversos tipos de papeles utilizados en embalaje, filtros, pañuelos y pañales desechables, etcétera.

La calidad de la pulpa puede ser influenciada por diversos parámetros como la humedad de los rollizos o la existencia de piedrecillas durante el fuerte sometimiento químico que tiene la madera para convertirse en celulosa. La edad también juega un rol importante en las características de la pulpa obtenida, ya que el tamaño de la fibra se ve alterado por la vejez del tronco, donde madera joven produce celulosa de fibra más corta que la madera más antigua. La humedad altera también fuertemente la pulpa producida ya que un nivel aproximado de más del 65% de humedad resulta en un incremento en el tamaño de la fibra lo que a la práctica redondea los bordes del papel [1].

La actividad industrial de la celulosa es actualmente el ingreso más valioso para las empresas que están inmersas en el rubro forestal, como es el caso de la empresa chilena ARAUCO que se encuentra en el segundo lugar a nivel mundial de producción de tonelaje de celulosa al año, solo superado por la empresa Fibria de Brazil, sin embargo, no está ausente de más competidores como son las empresas Kablin y El Dorado, también brasileñas. Debido a la competencia, la lucha por nuevas zonas de reforestación es un problema creciente entre los grandes directivos de la industria y es por esta razón que constantemente se innova en nuevas formas de obtener mejor calidad de pulpa a menor espacio utilizado. Para lograr esto es necesario una gestión eficiente en cada instancia del proceso productivo, que para el negocio de celulosa, abarca desde que llega un camión de madera a la planta a dejar los rollizos, hasta que se extrae la madera de las canchas de acopio para conducirla al ciclo químico que es la generación de pulpa de celulosa.

La empresa chilena Celulosa Arauco y Constitución S.A es una empresa forestal con 39 años de servicio, que comenzó en el sur de nuestro país el año 1979 y que ya hoy cuenta con múltiples líneas de negocio (celulosa, madera, paneles y energía). Además está presente en 7 países de América con plantas productoras de paneles y en el resto de los países es reconocida como un importante proveedor de celulosa en el mercado mundial. Al ser una empresa de tales dimensiones, para monitorear y levantar información respecto de todos los procesos que se realizan necesita de más de 7000 reportes anuales emitidos constantemente para su correcta gestión, donde la gran mayoría son planillas Excel rígidas diseñadas por los ingenieros de los distintos negocios.

Con esta creciente necesidad por más y mejor calidad de los datos, la organización consolida una nueva área de trabajo denominada Control de Gestión, la cual está encargada de consolidar los datos, establecer prácticas y diseñar la forma en que se muestran los resultados operativos, además de ser el vínculo de información de los distintos negocios dentro de la compañía (negocio celulosa, forestal, maderas y paneles y un grupo corporativo general). En particular, el área control de gestión celulosa se encuentra establecido en el edificio San Andrés de las Lomas San Sebastián en la ciudad de Concepción y en el edificio corporativo en Santiago, su principal labor, es la elaboración de reportes desarrollados para mostrar el estado actual de las plantas Celulosas de Chile, sin embargo, debido al dinamismo propio del día a día, nuevas necesidades de información van surgiendo en la marcha, por lo que el equipo de control gestión debe pasar la mayor parte de su tiempo diseñando los reportes que contemplen los nuevos requerimientos, en lugar de poder levantar conclusiones y/o análisis de los datos obtenidos.

Desde aquí surge la necesidad de lograr una reportería automática que simplifique el proceso de integrar nuevas necesidades a informes complejos y de espacio a una permanente y estable visualización de la información de forma transparente y expedita cuando se requiera.

Qlik Sense es un software de apoyo a las industrias que permite la visualización, análisis y descubrimiento de grandes volúmenes de información en línea y al instante. Cuenta con un motor de datos potente que da la posibilidad de realizar cálculos complejos y asociaciones de datos desde un apartado visual para que los usuarios exploren libremente las enormes sábanas de información que se cargan en las distintas aplicaciones. Estas se montan en un sitio fijo y accesible desde cualquier dispositivo que cuente con navegación internet. También, los mismos usuarios pueden generar nuevas alternativas de visualización de los datos sin tener que pasar por el desarrollador de la aplicación para resolver un nuevo requerimiento. Desde comienzos del año 2017, ARAUCO compra las licencias de Qlik Sense para establecerlo como su nueva plataforma oficial de reportería en la empresa.

Durante este trabajo se realizó el desarrollo de un reporte interactivo desarrollado sobre la nueva plataforma Qlik Sense, que logra relacionar todos los datos extraídos por las ERP de la empresa que involucren movimiento (rechazos, ingresos, consumos, etcétera) de materiales (madera y combustibles) dentro de la planta, además de toda la información de los tiempos de los camiones, información de los proveedores, recepcionistas, información sobre el plan de abastecimiento, entre otros; Todo esto consolidado en un reporte dinámico que logre relacionar todos la información recuperada. Ya con la base diseñada se procede a agregar el algoritmo de propuesta de consumo en las canchas de madera, que busca aproximar la mezcla de consumo a una calidad definida por la planta y que sea constante en el tiempo. Uniendo la información que facilita el negocio de forestal con el cálculo de la edad promedio de los patios de maderas, ya implementado en el informe, se crea un ponderado de dichos resultados para así lograr un nivel de pulpa que mantenga la homogeneidad en calidad de los recursos restantes para usos posteriores, es decir, se busca una edad objetivo necesaria desde el patio de maderas para consumir. Esta edad promedio se consigue mezclando madera vieja y madera nueva en el número justo que no perjudique la calidad de

la pulpa de celulosa, logrando de esta forma el flujo normal de madera en las ubicaciones y consumiendo los rollizos antes que se pudran por desuso en los patios madereros, con se puede lograr el óptimo de alimentación de los digestores de las plantas.

1.1 El Problema

Debido a la magnitud de los espacios físicos, el control de las canchas de acopio es una labor que se sigue manteniendo en planillas responsables de los jefes de los patios de madera de cada central o de responsabilidad de una compañía externa que preste servicios para la generación de la información. El problema principal que se desea abordar en esta memoria es optimizar el tiempo medido en horas hombre de los jefes de patio para que en lugar de generar los informes que muestran el estado actual de las canchas de reservas de la planta, contar con un reporte automático que tenga la información disponible en línea, además de brindar apoyo al ingeniero generando una propuesta de consumo diaria automática para todas las horas del día también visualizada en dicho informe, que le dé una guía de qué ubicaciones en específico consumir para mantener una calidad de la pulpa de celulosa constante según la variable de antigüedad de los troncos en cancha.

Además en promedio un 4% de la totalidad de la madera en las canchas de acopio presentan una antigüedad superior a 5 meses desde su fecha de corta, que es la máximo de tolerancia de tiempo por las plantas. Por lo general esas ubicaciones tardan en ser consumidas debido a que su edad altera la calidad de la pulpa generada, lo que significa una pérdida monetaria para la empresa, ya que entre mayor sea el tiempo que pasen sin consumir peor será el producto obtenido.

1.2 Resultados esperados

Se espera que, mediante una herramienta de modelamiento de información, la organización tenga una visualización simple en tiempo real del estado de todas sus plantas en todos sus ámbito: STOCK de la madera en cancha, tiempo de los camiones dentro de las plantas, cumplimiento de los programas de abastecimiento, seguimiento de las recepciones, etcétera. A esto se le agrega finalmente la propuesta de consumo para el jefe de patios de madera del día. De esta forma se espera optimizar el tiempo de los ingenieros, para que en lugar de que tengan que invertir 2 horas diarias generando reportes para las jefaturas de cada planta, puedan utilizar ese tiempo en terreno, tomando decisiones críticas y resolviendo los inconvenientes diarios.

1.3 Objetivo general

Desarrollar una reportabilidad transversal a todas las distintas plantas de una empresa particular (Celulosa Arauco y Constitución S.A) utilizando una herramienta de modelamiento de información.

1.4 Objetivos específicos

- Unificar la información de las 5 plantas para su posterior utilización en la reportabilidad de la compañía.
- Crear un reporte en línea que permita visualizar: STOCK de la madera en cancha, tiempo de los camiones dentro de las plantas, cumplimiento de los programas de abastecimiento, seguimiento de las recepciones consumos de madera de la planta, visualizar casos irregulares en movimientos de madera, visualización de rechazos y madera eliminada.
- Proponer una propuesta de consumo de un día para las 5 plantas de celulosa de la empresa ARAUCO.
- Lograr reemplazar los mails reportes que son enviados diariamente entre los directivos de las plantas con el área corporativa de ARAUCO.

1.5 Requisitos específicos de software

El software debe responder a las siguientes necesidades:

- Información sobre los ingresos de madera a las planta a nivel del folio de recepción.
- Información sobre los consumos de madera y combustibles a nivel de código del consumo.
- Información sobre los rechazos de camiones durante la recepción y los eventos de eliminación de madera dentro de las plantas.
- Mostrar el porcentaje de cumplimiento del programa de abastecimiento en relación a la cantidad real recepcionada en las plantas.
- Mostrar el stock actual de los patios de maderas y la autonomía de madera de cada planta por especie.
- Información sobre el tiempo que toma para los camiones recorrer las plantas desde la recepción hasta la descarga de madera en los patios.

Capítulo 2

Planteamiento de la Problemática

En este capítulo se detallan los aspectos fundamentales a conocer sobre la forma de gestión de los patios de madera y respecto a cómo abordar el problema de manejo de stock de una industria forestal, cómo se revisa la información, en particular de las plantas de celulosa de la empresa ARAUCO, cómo es el ciclo de la madera dentro de la planta y bajo qué criterios se puede discernir de qué sitio específico consumir madera para una producción continua.

2.1 Gestión de los patios de madera

Uno de los mayores desafíos durante este proceso es el manejo adecuado de los patios de maderas, que, debido a que albergan la materia prima para la celulosa, la madera, es lo que determinará la calidad final de la pulpa obtenida. El patio de madera consiste en una serie de ubicaciones con medidas definidas por la planta, según sea su magnitud y disponibilidad en terreno, que son utilizados para almacenar los rollizos separados por especie, tamaño y otras características como la edad del tronco, proveedor, cualidades químicas especiales, etc. Las ubicaciones son enumeradas en base a dos niveles de jerarquía, las canchas y las columnas. Las canchas son el espacio físico donde se almacena la madera que es subdividida en un número variable de columnas según las características previamente mencionadas. Entre cada cancha existe un pasillo para transitar de alrededor de 6 metros de distancia (Este puede variar según el espacio de las plantas), mientras que las columnas pueden ser de 2,4 metros de largo (Largo estándar para los troncos regulares) con una distancia de 1 metro entre ellas. La vía de acceso al patio consta de unos 15 a 18 metros de ancho para permitir la libre circulación de camiones y de maquinaria especializada en el ordenamiento y traslado de troncos dentro del recinto.



Figura 1. Fotografía tomada por dron del patio de maderas planta celulosa Constitución

Las especies de rollizos que se utilizan para la producción de celulosa son escogidas según la calidad de pulpa y a lo rápido que son de cosechar. Mundialmente las familias de rollizo escogidas son: Pino Radiata, Eucaliptus Globulus y Eucaliptus Nitens. El pino toma 24 años en ser cosechado con 2 periodos de poda entremedio, mientras que el Eucaliptus demora 12 años con solo 1 proceso de poda. Lo que diferencia a estas especies, además del tiempo y los cuidados durante el crecimiento (resistencia a bajas temperaturas, cantidad de agua, etcétera) es la calidad de la pulpa que se consigue. Con estas familias de troncos se obtiene dos tipos de celulosa, una de fibra larga (Pino Radiata) y de fibra corta (Eucaliptus) cuyos usos difieren una de otra, mientras la celulosa de fibra larga se usa para añadir resistencia a los papeles y cartulinas, la celulosa de fibra corta es usada para dar suavidad a las superficies y como relleno.

Estas son las especies usadas por todas las plantas de celulosa, sin embargo, puede variar por recinto, por ejemplo, en las plantas de celulosa de ARAUCO en Chile, las plantas de Constitución y Licancel solo trabajan con Pino Radiata, por lo que solo generan un tipo de Celulosa en específico. Aquí también se pueden comparar diferencias entre las prácticas de las distintas empresas forestales. En particular para la empresa ARAUCO cada planta de Celulosa concentra su stock de madera de la misma forma con un ordenamiento espacial acorde a la envergadura de la planta, y un número de canchas/columnas consecuente a este, de esta forma, la gestión de los patios es único en cada recinto y elabora distintos tipos de pulpa dependiendo de la/s especie/s que trabaje.

En las nuevas plantas de la empresa brasileña Fibria no descortezan dentro de las plantas a diferencia de las plantas de ARAUCO Chile, en donde los troncos son en ocasiones descortezados en un área especial dentro del recinto. Para no hacer este descortezamiento en planta se debe hacer de forma manual durante la cosecha en el bosque, sin embargo, dicho proceso trae ventajas y desventajas. Descortezar en el bosque reduce la inversión de una descortezadora en la planta, más su mantenimiento y cuidado, pero requiere de una organización y planificación especial para poder repartir los troncos lo más frescos posibles a su destino. Llevarlos en camiones descortezados también puede traer inconvenientes que dañe la calidad de la madera como son los residuos de arena en los troncos propios del transporte, pero la ventaja es que descortezarlos fuera ha demostrado salvar mayor % de madera utilizable para astillar y luego procesar.

Estudiando la forma de almacenamiento de madera de los competidores, todos presentan una estructura similar de acopio de los troncos, sin embargo, lo que diferencia a cada una de las industrias para hacer de su producto el más atractivo para los clientes es la calidad y precio de la pulpa de celulosa obtenida. Entre estos criterios sobre el único que se puede incidir de forma directa es sobre la calidad de la pulpa, sin embargo, el trabajo realizado no aboga a entregar un mejor resultado de pulpa, sino en ofrecer la forma óptima para obtener la pulpa con la calidad que se desee conseguir desde los recursos actualmente presentes en el patio de maderas.

2.2 Celulosa Arauco y Constitución S.A

En los últimos 10 meses ha habido 777 nuevos reportes entre todos los países del grupo Arauco y que buscan una visualización en línea de la información.

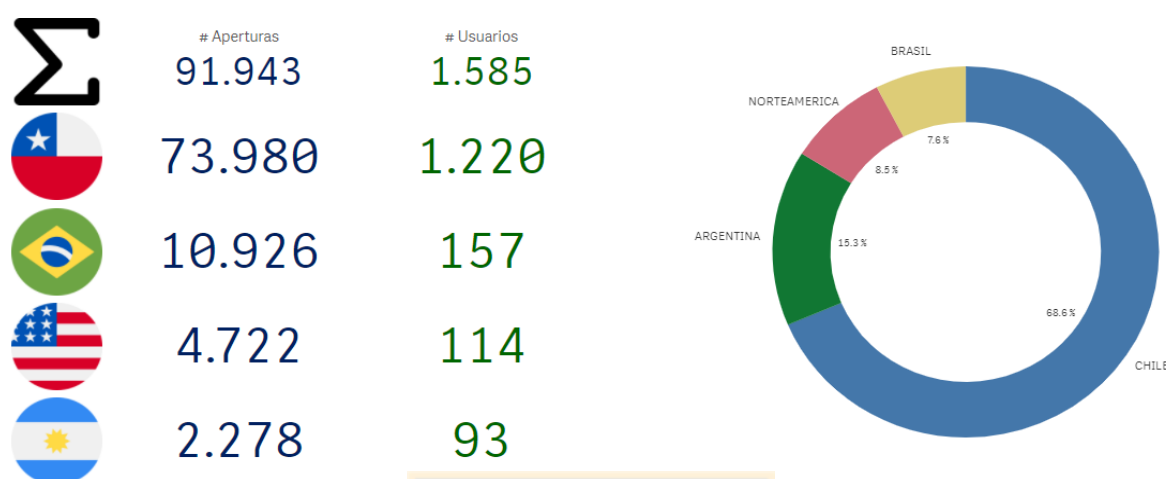


Figura 2. Cantidad en porcentaje de nuevas aplicaciones creadas (gráfico derecho) y número de visualizaciones y usuarios totales por países de la empresa Arauco en los últimos 10 meses.

Entre los múltiples tópicos que conciernen a control de gestión celulosa, el stock de madera en las plantas y cómo administrarlo ha sido siempre un tema desafiante, debido a los diversos contratiempos e imprevistos que pueden presentarse durante el mes. Alrededor de 10 informes son utilizados para consolidar dicha información alimentados de forma manual desde los ingenieros de plantas y son, además, únicos para cada planta, ya que no existe una rúbrica transversal por las particularidades que cada una tiene, lo que significa una actividad demandante y que necesita de tiempo, para que luego las jefaturas puedan afirmar un estado general del conjunto de todas las plantas. Estos informes tienen 3 distintas formas de alimentación:

- **Rmadera:** Es un software legacy propio de la empresa ARAUCO el cual se encarga de ingresar los datos de la recepción de los camiones de maderas e insumos a todas las plantas celulosa, además de realizar los consumos de los materiales para posteriormente enviar dicha información a la plataforma ERP de la empresa, SAP. El software no ha recibido el soporte necesario y actualmente existen problemas en la forma rígida con la que entrega la información.
- **SAP:** SAP es la ERP oficial de ARAUCO y sobre la cual está almacenada toda la información de los distintos negocios y áreas de trabajo (recursos humanos, cuentas por pagar, control producción, costos, etc). La información en SAP con respecto a las canchas de acopio de rollizos es responsabilidad de los jefes de patios de madera lo que no le permite mantenerse actualizada diariamente, además la plataforma da facilidades para resolver ingresos mal anotados

- **Excel:** También existen reportes que son alimentados en planillas manuales de Excel por los operadores de las plantas. Esta práctica crea diferencias en las metodologías de cómo operan las distintas plantas y su actualización depende de particulares, lo que lo convierte en una fuente de información poco confiable.



Figura 3. Consolidación de la información para reporte de los patios de Madera

Con reportes generados desde 3 fuentes distintas de información es frecuente encontrar reportes que no cuadren entre sí. Entre centros el problema es más complejo, debido a que cada planta de celulosa cuenta con su base de datos propia y no almacena los valores de la misma forma ni con un formato común. Al ser alimentada desde 3 fuentes de datos diferentes, resultaba imposible mantener una reportabilidad actualizada al día a día, debido al tiempo que tomaba la consolidación de datos. Información al día y coordinada entre las plantas.

PINO	Días	M3ssc
1. Cancha Largo 2,44 (operativo)	4,1	17.091
2. Cancha Largo 4,10 (-)	1,4	5.713
3. Cancha Total	5,4	22.804
4. Astilla Pila Consumo	3,4	14.276
5. Astilla Pila Externa	1,4	5.987
6. Astilla Total	4,8	20.264
Total (3)+(6)	10,3	43.067
Total Operativo (3)+(6)-(2)	8,9	37.354



Figura 4. Reporte rígido de stock en cancha y autonomía de la planta Constitución que es enviado por correo todos los días al jefe de patios de madera de celulosa y superintendente de la planta. Desarrollado por el jefe patios de madera de Constitución.

2.3 El ciclo de la Madera en Planta

La madera cumple un ciclo común de recorrido dentro de todas las plantas, sin embargo, los puntos que visita difieren según la magnitud en tamaño de esta. Los camiones entran al establecimiento y son recibidos en las romanas de ingreso para ser ingresados al sistema con un número de folio, luego el jefe de patios de maderas decidirá, según el flujo de alimentación del digestor de astillas, su destino de pasar a la línea de consumo directo o si debe ir a las canchas para que sea reservada la madera. Los camiones cumplen un ciclo desde su ingreso hasta su salida del recinto, y los datos son ingresados al sistema en partes automáticamente y en otras manual.

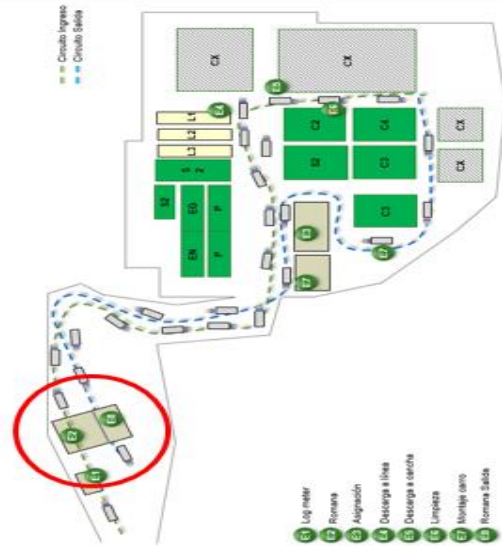
Dentro de las plantas se distinguen los siguientes puntos:

- **Log Meter:** Software automático de medición del camión y sus características, además de registrar la hora de ingreso al centro.
- **Romana:** Lugar donde se pesan los camiones para revisar si están en el peso adecuado y donde se hace efectivo el ingreso a las planta y al sistema manualmente. También, según la planta, es el lugar donde se marca el retiro del camión del recinto.
- **Asignación:** Lugar donde se decide si el camión pasa a línea de consumo o a cancha de acopio.
- **Desamarre:** Sitio enfocado específicamente al desamarre de las cuerdas que afirman los troncos de rollizo en los camiones.
- **Descarga:** Apoyado con grúas se retira la madera del camión.
- **Limpieza:** Es un limpiado a presión de los camiones para retirar impurezas y astillas dejadas por los troncos.
- **Montaje de Carro:** Acomodo de los carros de los camiones para salir nuevamente a carretera.
- **Salida:** Retiro de los camiones.

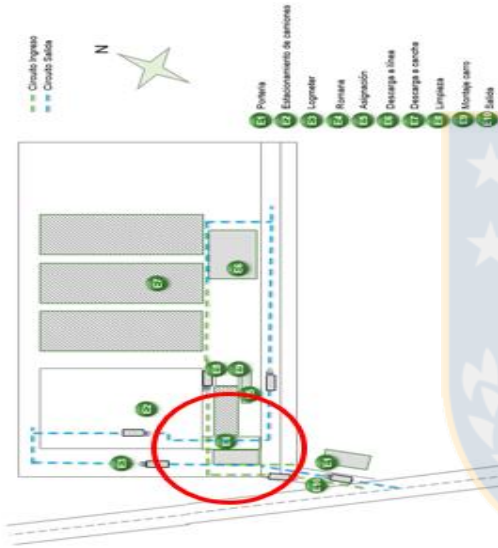
Valdivia



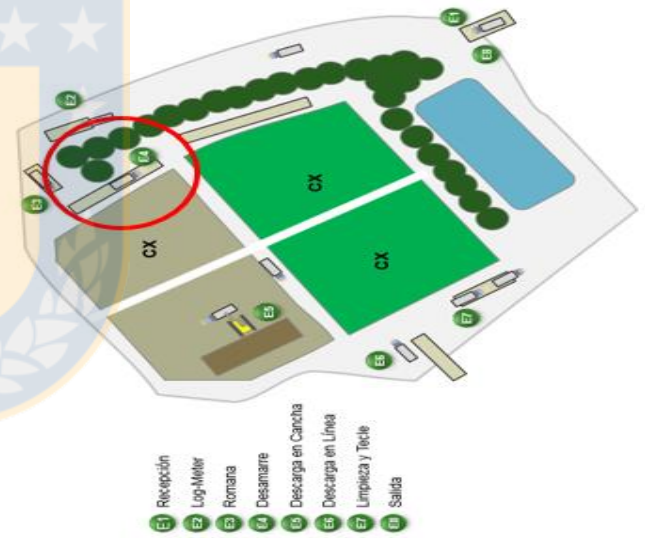
Nueva Aldea



Constitución



Licancel



Arauco



Planta	Romanas
Arauco	3 Entrada manuales 1 Salida automática
Constitución	1 Entrada manuales 1 Salida automática
Valdivia	2 Entrada manuales 1 Salida automática
Licancel	1 Entrada manual
Nueva Aldea	3 Entrada manuales 1 Salida Manual

Figura 5. Ciclo de los camiones en las plantas celulosa Arauco. Orden lógico de E1 a E'X'.

En la figura 5 se puede apreciar lo distinto que es cada recorrido dependiendo de las plantas siguiendo las líneas verdes de ingreso y azul de salida, en ARAUCO hay una línea verde para pino y naranja para eucaliptus porque siguen caminos distintos y en Licancel basta con seguir la enumeración de los puntos 'E'. Además la separación de los puntos de control, por ejemplo romana a canchas, difiere por establecimientos haciendo que en algunas plantas ese dato sea más interesante reportar que en otras.

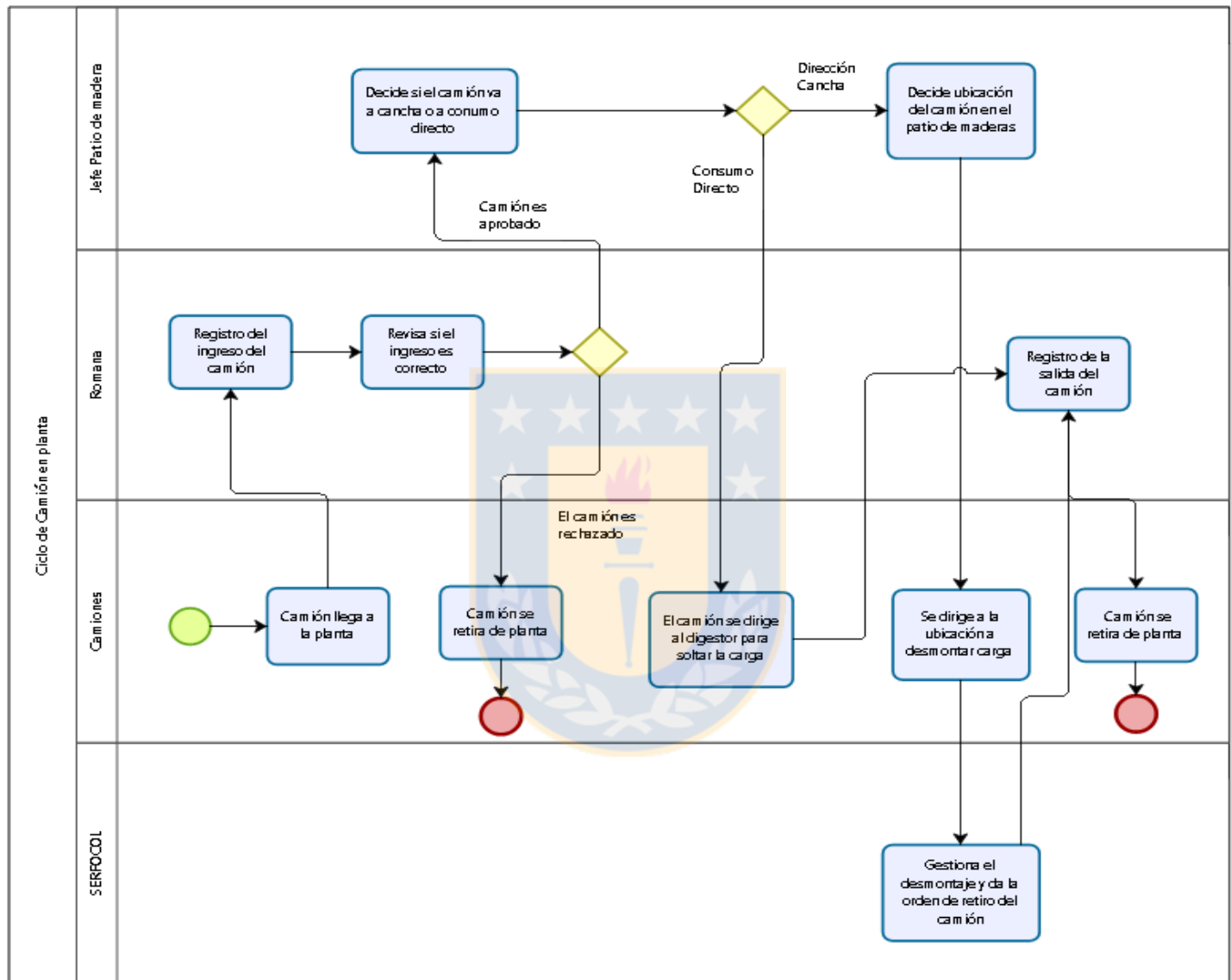


Figura 6. Modelo del proceso del paso de un camión dentro de las plantas. El modelo está simplificado dando preferencia a solo los actores más relevantes. SERFOCOL es el centro de control dentro de los patios de maderas, donde, a través de cámaras, se mantiene el control del paso de los camiones. Los puntos de control pueden variar por planta, sin embargo, en este modelo mantiene una estructura genérica aplicable para todas las planta de celulosa.

Capítulo 3

Sistema Desarrollado

Para poder explicar el trabajo realizado primero se definirá la herramienta de BI utilizada y la metodología del proyecto para luego desarrollar las partes del proyecto.

3.1 Inteligencia de negocios

Inteligencia de negocios o BI (Business Intelligence) es definida por el Data Warehouse Institute como la fusión entre herramientas tecnológicas y procesos que permiten transformar los datos duros en información y luego esta en conocimiento. El conocimiento puede luego ser utilizado para distintos tipos de estrategias para lograr así, evaluar avances en procesos, optimizar recursos y poder decidir acerca del futuro con información de respaldo.

La inteligencia de negocios responde siempre a las preguntas: ¿Qué paso?, ¿Cuándo Ocurrió? , ¿Quién? y ¿Cuánto?, y lo hace a través de reportes con KPI, monitoreos automatizados, dashboard, etc. Las herramientas de BI se concentran en analizar una gran cantidad de datos que sirven para hacer predicciones y diagnósticos en torno a un negocio.

En la industria forestal con tal magnitud de datos es necesario contar con una herramienta que permita hacer el seguimiento de la información, por esto se justifica el uso de una herramienta BI. Es la única alternativa para poder ver reportes reales en línea a tiempo real.

3.2 Decisión de Herramienta de trabajo

El presente trabajo se realizó sobre la plataforma de BI y de modelamiento de información online Qlik Sense. Esta es la herramienta que existe para desarrollar todas las nuevas aplicaciones e informes futuros dentro de la compañía, sin embargo, para decidirse por este software la empresa pasó por una selección de posibles candidatos con características similares.

En el mercado existen múltiples aplicaciones que permiten hacer un análisis de información de forma dinámica, gracias a la manipulación de los datos presentados interactivamente para el usuario. Se buscaba una aplicación que fuese capaz de reemplazar la simpleza y rigidez que tenía hacer los reportes en Microsoft Excel, que también fuera intuitivo para los consumidores y rápido de aprender para los desarrolladores, y que además abra las puertas a un mayor potencial de trabajo con grandes volúmenes de información.

ARAUCO se encontraba limitado por las capacidades de Microsoft Excel (Para mostrar la información) y Microsoft Access (Para realizar grandes cruces de datos), que aparte de ser limitados en lo que se puede hacer y significan un tiempo importante de desarrollo, consumen una cantidad importante de recursos en los equipos. Informes podían tomar días enteros en ser generados y ponían a prueba el máximo ingenio de los ingenieros para reducir esta sobrecarga de recursos y que no se congelaran los equipos, que significaría días de trabajo perdidos.

El departamento de BI dentro de ARAUCO es el encargado de resolver cual es el medio a través del cual se pondrá la información necesaria a disposición de las personas que la necesita para la toma de decisiones. Es necesario saber qué está ocurriendo en la empresa en todo momento y ser capaz de realizar un seguimiento de cuales datos llegaron a qué resultado.

Según Gartner inc [2], empresa líder en investigación y consultoría a nivel mundial, hasta octubre del 2017 las mejores aplicaciones de BI en el mercado son las que se evaluarán a continuación.



Figura 7. Tabla comparativa de los mejores productos por Gartner Inc Octubre 2017

3.2.1 Tableau

Es una herramienta de análisis de información que ayuda a mejorar y acelerar la toma de decisiones de la empresa mediante una presentación visual de los datos de forma interactiva e intuitiva, donde cualquier persona pueda examinar los resultados de los informes sin tener que hacer código ni programación de ningún tipo. El estilo visual atractivo,

con colores fuertes y vivos, una buena variedad de elementos gráficos con diseños simples de entender convierten a Tableau en una atractiva alternativa para la visualización de datos por parte de cualquier empresa. Distintos importantes clientes se alzan para respaldar a Tableau[3] como la mejor opción de reportería entre la competencia: Compañías de comunicación como Skype, grandes universidades en el mundo como Standford o Princeton, compañías de entretenimiento como BANDAI NAMCO, entre otros. El año 2008 Tableau fue galardonado como la mejor herramienta de visualización de datos en el CODiE Award en excelencia de Software.

Algunas de las cualidades técnicas que presenta Tableau son:

- **Consultas consolidadas:** Un motor de datos optimizado para resolver consultas con rapidez y efectividad gracias a una vectorización del motor de datos y al paralelismo en sus consultas, permite obtener el máximo provecho de la máquina donde se realicen los cálculos.
- **Fusión de consultas:** De existir múltiples consultas, estas se ejecutan en una única consulta combinada, que reemplaza la metodología de abordar de una a una las preguntas secuencialmente, logrando así que se reduzca la carga de trabajo para la base de datos y mejora los tiempos de carga y consulta.
- **Reutilización de consultas:** Permite la carga de libros de trabajo más rápidamente gracias a los datos en caché de consultas ya resueltas. De esta forma Tableau logra respuestas en tiempo constante para consultas iguales a consultas ya resueltas.

3.2.2 Power BI

Microsoft[4] cuenta con su propia herramienta BI para el modelamiento de la información que compite con el resto de los softwares ya instaurados en el mercado. La principal ventaja de esta aplicación es que posee soporte directo con las planillas Excel, que era la forma en que la mayoría de las empresas exponía sus informes. La nueva herramienta de Microsoft es la más nueva entre las opciones vistas por la compañía, sin embargo, cumple con la misma premisa de sus predecesores, ser una plataforma interactiva, de acceso online continuo y que sea capaz de mostrar la información en todo momento.

Contando ya con una licencia de Microsoft por el resto de los productos que se continúan y se continuarán usando en el negocio, extenderse a esta herramienta es relativamente sencillo y amigable para los nuevos desarrolladores. El hecho de cambiarse a una nueva forma de mostrar los datos implica una inversión grande en cualquier empresa, puesto que sus trabajadores necesitan capacitarse para hacer uso de las facultades del desconocido instrumento, así el ser familiar a sus nuevos desarrolladores invita a explorar en un terreno ya dominado resultando en una rápida adecuación al nuevo escenario.

Dentro del área técnica Power BI ofrece lo siguiente:

- **Preguntas Respuesta:** Power BI cuenta con un sistema de inteligencia artificial que reconoce el lenguaje natural de un input, lo transforma a una consulta y luego convierte el output en el objeto visual que uno decida, gráficos o KPI.
- **Comunicación Nube:** Cuenta con una fuerte comunicación con el servicio Drive de Google, lo que permite tener hojas base de Excel (sheets) en Google Drive y así poder consultar por información en cualquier momento del día.

3.2.3 Qlik Sense

Qlik Sense es una plataforma de análisis de datos diseñado por la empresa Qlik[5], para una interpretación online de la información sobre los informes desarrollados en el mismo programa. Con una interfaz de diseño más simple que las demás opciones, Sense ofrece a cambio un motor de datos potente que permite grandes cruces de datos manteniendo el orden y coherencia de los datos cargados desde la base de datos. No solo es reconocida mundialmente como uno de los software favoritos para el modelamiento y apoyo en la visualización de la información con más de 45.000 clientes en 100 países, sino que también tiene una fuerte comunidad de desarrolladores Qlik que apoyan libremente proyectos de otras personas, lo que facilita enormemente entrar a diseñar sobre esa aplicación.

Qlik Sense tiene la ventaja de poder trabajar con distintos formatos de archivos para utilizar como base, sin embargo, hay un formato nativo de la aplicación que son las extensiones QVD. Un fichero QVD es un formato nativo de AQL. Estos archivos solo pueden ser consumidos y creados por un software del conglomerado Qlik y están diseñados para leer enormes repositorios de información alrededor de 10 a 100 veces más rápido, versus a que los mismos datos sean cargados desde cualquier otra base de datos. También los QVD reducen el tamaño de almacenamiento al 10% del tamaño original del archivo. Un archivo QVD consta de tres partes [6]:

- Una completa cabecera de formato XML que describe los campos de la tabla, el diseño de la información y la forma de los meta datos de la tabla.
- Tablas de símbolos en un formato de bytes.
- Datos reales de la tabla en formato de bits.

Cada aplicación tenía sus cualidades gráficas particulares como técnicas, sin embargo, para la compañía hubo una razón importante para inclinarse por la última aplicación propuesta y esa era la gobernabilidad de los datos que ofrecía a ARAUCO. Qlik le daba a la compañía el poder de utilizar y gestionar su copia de Sense a cabalidad y en todas sus capacidades posibles y que se vayan agregando en el camino. Además Sense como motor de datos gracias a su formato propio de QVD es considerablemente más poderoso que sus contendores para los desafiantes problemas y/o necesidades que puedan presentarse en una empresa de tal envergadura. Cabe mencionar que ARAUCO ya había trabajado con la plataforma offline de modelamiento de información proveniente del grupo Qlik, Qlikview.

Qlik Sense y QlikView cuentan con el mismo motor de datos, por lo que para los desarrolladores en View el paso a Qlik Sense era inmediato.

Fuera de visión de la decisión de la empresa, las aplicaciones para las que están pensadas estas herramientas son relativamente sencillas, de mostrar información ya disponible en planillas, sin embargo, el actual trabajo requería de más cálculos desde el código y programación, por lo que Qlik Sense no era necesariamente el mejor software para desarrollarlo. Qlik Sense en su motor de base de datos no cuenta con el comando UPDATE de datos, por lo que para actualizar un valor en una tabla hay que rearmar toda la tabla, actualizar el valor y luego borrar la tabla anterior. Esto significa que algunas tareas lógicas relativamente sencillas para Sense se convierten en un proceso engorroso. Dada que ARAUCO ya tenía las licencias de Qlik Sense se procedió a desarrollar sobre esta herramienta.

3.3 Metodología incremental

Con la exigencia del día a día y los nuevos requerimientos crecientes en la industria se necesitaba de un modelo flexible a las transformaciones debido a la presencia activa del cliente en todas las etapas de desarrollo. Durante el transcurso del proyecto nuevos requerimientos eran solicitados por los usuarios, así que se determinó seguir una metodología incremental de desarrollo ya que no existían metas a corto plazo explícitas durante el desarrollo y el desviarse para suplir una nueva necesidad era cotidiano.

El modelo incremental, propuesto por Harlan Mills [7], surge como una forma de reducir la repetición del trabajo en el proceso de desarrollo y da la oportunidad de retrasar la toma de decisiones en los requisitos hasta familiarizarse más con el sistema. Este modelo también es conocido como la “ciencia de salir del paso” que es una forma muy común de ver los problemas en la industria, ya que los nuevos requerimientos siempre son urgentes.

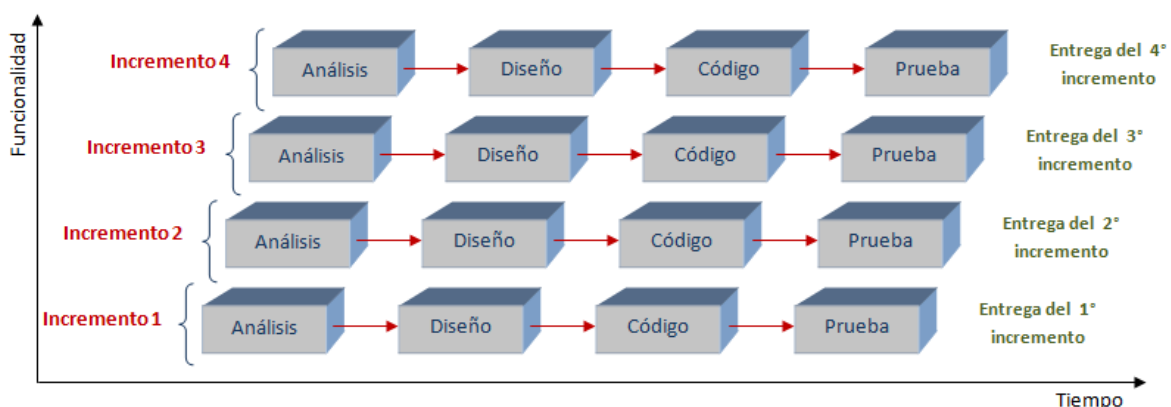


Figura 8. Modelo Incremental

El modelo incremental es una mezcla entre el modelo lineal secuencial y la forma interactiva del modelo de prototipos. El desarrollo va aplicando secuencias lineales de forma

escalonada mientras progresa el tiempo volviéndose cada vez más complejo y completo, es decir, Cada secuencia lineal produce un incremento del software.

Para los desarrollo de software se acostumbra mantener al cliente en constante contacto con los resultados obtenidos en cada incremento. De esta forma es el mismo cliente el que incluye o desecha elementos al final de cada incremento a fin de que el software se adapte mejor a sus necesidades reales. Esto reduce considerablemente el tiempo de cada iteración. Uno de los cuidados que se debe tener al implementar esta metodología es que, debido al crecimiento constante del modelo, se pierda la arquitectura de software tras la reunión de todos los requerimientos finales.



Figura 9. Pasos de desarrollo de la nueva reportería de los patios de madera plantas celulosa

Para este trabajo los requerimientos funcionaban en forma de pirámide, como se muestra en la figura 9. La forma de trabajar fue cumpliendo cada piso paso a paso lo que permitía seguir con el desarrollo de una etapa superior del proyecto hasta llegar a la última propuesta de consumo. Dentro de cada paso también ocurrieron iteraciones para fortalecer la aplicación, así el tiempo de trabajo entre cada una de ellas era relativo y solo se pasaba a la siguiente tras haber completado el requerimiento.

Se optó por esta metodología por sobre a las metodologías ágiles, puesto que mientras se desarrollaba el modelo, si bien se tenía claro el objetivo, en cada iteración iban surgiendo nuevas necesidades del cliente que no estaban contempladas en un inicio. No se justificaba poner metas de corto tiempo si no se podían definir claramente. Tampoco las reuniones diarias, ya que era solo una persona desarrollando la aplicación y se mantenía constantemente informado al cliente del progreso del trabajo, puesto que la mayoría de los requerimientos eran resueltos en conjunto con él.

3.4 Consolidado de la información

Para construir el reporte es necesaria información de distintas bases de datos propias de ARAUCO. La compañía cuenta con un ERP oficial llamada SAP ERP que, básicamente, funciona como un gran repositorio de información donde se albergan los registros de la contabilidad, gestión de almacén, coste de producción, recursos humanos, gestión de ventas, etcétera. Como punto de interés para este trabajo, aquí también cargan todos los movimientos de madera anunciados por las mismas plantas de forma manual, por lo que contiene toda la historia de cada una de las ubicaciones, canchas y columnas, sin embargo, no todos los procesos de carga son automáticos. Ingresar al sistema los consumos de madera desde las canchas es una labor propia de los jefes de patios. Este consumo no es regular, lo que hace imposible recibir solo los datos de esta fuente de información para mantener un stock de madera al día en plantas de celulosa.

Otro servicio que ofrece SAP a ARAUCO como base de datos es SAP BW, o Business Warehouse, que es una base de datos diseñada para guardar grandes volúmenes de información e historia de registros oficiales que fueron reales en algún momento. Mantener un grupo de bases es vital para evitar errores y fraudes, dentro de la misma compañía, así queda en evidencia algún cambio de los registros anunciados.

Para recibir la información de cada camión que llega a la plantas de Celulosa ARAUCO posee un software de registro llamado R Maderas, cuya función es guardar toda la información del nuevo ingreso: Especie, tamaño, volumen, peso, largo, fecha de corte del tronco, destino dentro de la planta, entre otras. Al nuevo registro, llamado folio, se le da un valor único dentro de esa planta, sin embargo, este valor se puede repetir entre plantas distintas. Estos datos luego se almacenan en SAP de forma automática para registrar el ingreso al recinto.

Ahora bien, extraer la información directamente desde sus orígenes de datos no basta para realizar el reporte. Una aplicación oficial en Sense debe tener su fuente de datos certificada por el departamento de BI, es decir, ellos deben extraer los datos por medio de consultas a las bases de datos SAP y convertir la bajada a formato QVD. Así se procedió a solicitar la construcción de una serie de archivos necesarios para la formulación del nuevo informe:

- QVD Recepción de camiones
- QVD Consumo de madera
- QVD Marcas de tiempos dentro de planta
- QVD Plan de abastecimiento de la madera
- QVD Maestro de ubicaciones de canchas y columna de todas las plantas
- QVD Maestro de nombre de proveedores de madera
- QVD Maestro de nombre de personal planta
- QVD Todos los movimientos de insumos realizados en SAP
- QVD Registros eliminados o rechazados

Cada una de estas bases tiene una regla de actualización de sus datos hasta 3 días al pasado y guarda el resto de la información invariante para alivianar su generación diaria, es decir, solo se rescatarán cambios en la información hasta 3 días en el pasado. Así se obtiene la información del día a día en todo ARAUCO de forma automática, sin embargo, tiene el problema de que de existir un cambio a un dato anterior a los 3 días de actualización, que es comúnmente un arreglo de un error o dato mal ingresado, el problema persistiría en el tiempo y deberá atenderse de forma particular. A estos QVDs oficiales se le suman un par de bases de datos que aún no existen en este formato y que el equipo BI no ha podido oficializar, por lo que se rescatan desde bases Excel, sin embargo, para optimizar los cálculos dentro de la aplicación se transforman en QVD para su uso posterior.

3.5 Implementación en Qlik Sense, cálculo del stock de rollizo en cancha y de edad promedio

Con todas las bases de información consolidadas y a disposición se procede a realizar las cargas de datos. Qlik Sense se programa en un lenguaje llamado Formalismo Backus-Naur [8] o código BNF que comparte muchas similitudes con la codificación en SQL, como también VB.Net y JavaScript y se trata de un lenguaje especial para trabajar con bases de datos, ya que tiene la cualidad de unir automáticamente tablas cuyos campos con nombres clave sean iguales. Así, Sense puede hacer relaciones de datos sin la necesidad de unir todas las tablas, sin embargo, para efecto de cálculos complejos, en base a la práctica, se recomienda unir las tablas podando la mayor cantidad de campos no requeridos. Esto es posible gracias a que Sense cuenta con un poderoso motor de cálculo, y puede realizar JOINS totales entre tablas de forma rápida. Sin embargo, se tiene la restricción de que en QlikSense no existe el comando UPDATE (que si existe en lenguajes como SQL), lo que significa que para realizar un cambio en algún dato se deberá siempre llamar a la totalidad de la tabla, actualizar el valor que se desea y eliminar la tabla anterior. Esto obliga al programador a hacer varias cargas de una misma tabla para obtener la formación de campos que se desea.

Considerando que el nuevo reporte muestra información desde el 1 de Junio del año 2016 hasta la fecha, se optó por modularizar cada base de datos (QVD) en tablas únicas unidas por una clave común compuesta por la planta, proveedor, fecha (en formato día hora) en que se realizó el registro, código de la cancha de madera, código de la columna de la cancha, código del producto, volumen cantidad, fecha de corta de la madera, origen del insumo y el folio. Qlik Sense unirá todos estos parámetros entre las tablas, de no poseer algún campo en particular unirá solo los que posea, pero se podrá consultar por cualquier campo de esa nueva tabla teniendo al menos un concepto común.

De esta unión se logra el siguiente modelo de datos:

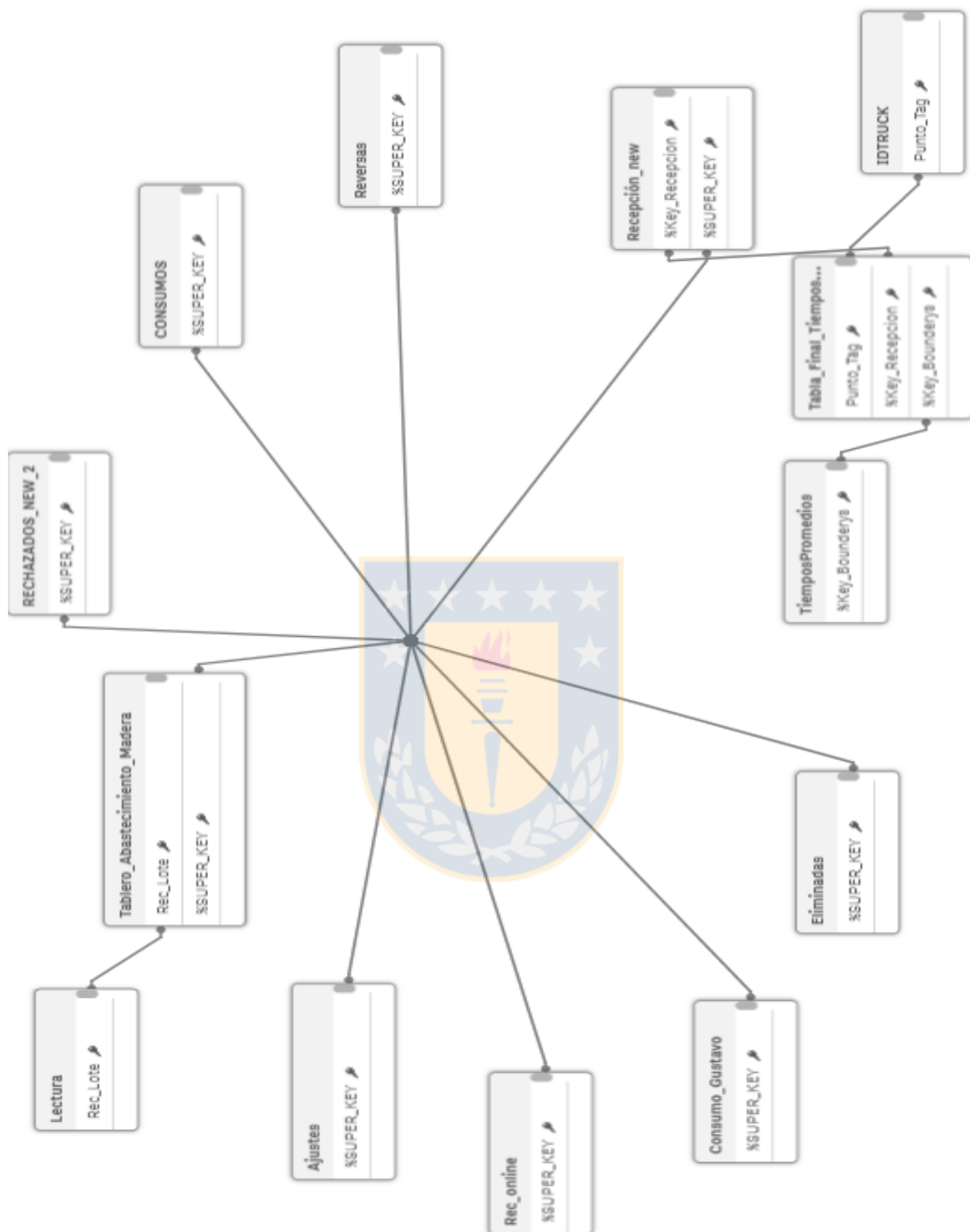


Figura 10. Modelo de datos Tablero Abastecimiento de Maderas simplificada. Las tablas muestran en su mayoría solo la llave de conexión. Por motivos de espacio no se agregaron los demás campos de las tablas.

Ya con la información relacionada entre sí de forma automática por Qlik se diseña una tabla virtual extrayendo solo la información de las claves primarias de las tablas previamente descritas. Aquí sucede que existen días en plantas donde no hay movimientos (feriados o días domingo por ejemplo), sin embargo, se puede querer revisar stock de ese día, así que fue necesario hacer un LEFT JOIN a una tabla calendario auxiliar que contiene todas las fechas existentes desde el periodo escogido, para que en esta nueva tabla existan todas las fechas, tengan o no movimientos efectuados ese día.

Para poder realizar el cálculo de stock por ubicación en el modelo se usó la lógica de consumo de estas mismas: Una cancha columna puede recibir madera en días consecutivos hasta llegar a tope su espacio disponible o bien hasta cumplir una porción de él, sin embargo, cuando comienza el consumo de dicha columna esta se cierra, es decir, no ocurren nuevos ingresos de madera hasta que esté vacía. Este debiese ser el flujo normal de troncos en el patio, pero pueden presentarse irregularidades donde esto no suceda. Suponiendo un flujo normal de insumos, para calcular el stock de una ubicación se siguen los movimientos de madera independiente del día que empieza a correr el algoritmo, así cuando en alguna ubicación por diferencia ingreso/consumo una columna llegue a stock negativo significaría que ese espacio ya tenía stock previo que no fue alcanzado visualizar desde el día que comenzó a correr el algoritmo. Por ejemplo, el modelo comienza su lectura de datos desde el 01 de Junio del 2016, y en una ubicación Cancha X Columna Y de la planta A sin haber recibido previo ingreso comienza con un consumo de 300 metros cúbicos de rollizo, esto significa que existía un volumen de 300 en ese lugar, en consecuente la resta está correctamente ingresada y el algoritmo convierte cualquier stock negativo en cero, ya que se sabe que desde el momento que una ubicación empieza a ser consumida continua hasta hacerse 0, no hay ingresos entremedio. Después de este evento la cantidad de madera debe ser siempre una consecuencia de la suma y resta de consumos e ingresos. Otra opción era cargar en duro los stocks de un día en particular (cierre de mes, por ejemplo, donde la información está consolidada), pero se decidió la forma descrita porque no restringía al modelo a una fecha en particular, sino que se puede extender o limitar al momento que se quiera y funcionará siempre.

La forma de operar de Qlik Sense internamente es fácil compararla como un recorrido lineal de una planilla Excel, así siempre va a operar desde arriba hacia abajo y los datos más antiguos conocen a todos sus precursores, pero los recién cargados no conocen los que se cargarán en el futuro, esto ocurre porque Qlik opera al momento de la carga para agilizar el proceso. Mantener el orden ideal necesario para el cálculo de la tabla es necesario para que funcione correctamente. En la nueva tabla se ordenan los datos con la siguiente jerarquía: Planta, Fecha del registro, Especie de Rollizo, Número Cancha, Número Columna y finalmente por el tipo de movimiento (Ingresos y luego Consumos, solo estos dos tipos de movimientos serán usados para el cálculo de stock). Luego se crea un nuevo campo que será usado para almacenar el stock que identifique a todos los campos ya mencionados en la unión. Finalmente se realiza una suma de los volúmenes de los registros agrupados por los mismos criterios, menos el tipo de movimiento, ya que este se utiliza para dar el signo al volumen del dato (Ingreso positivo y Consumo negativo).

Con esto se logró obtener la cantidad de volumen propio de cada ubicación según los movimientos normales de consumos e ingresos, sin embargo, como este software opera bajo un escenario real pueden ocurrir errores de diferente tipo en los movimientos de madera. Estos errores quedan registrados en SAP, pero ingresados de forma manual por los ingenieros de los patios de madera, en consecuencia, no están presentes en el QVD de ingresos ni en el QVD de consumos, así se tuvo que hacer uso de un nuevo QVD que contiene todos los movimientos de maderas. Esto trajo un nuevo problema que es identificar solo los movimientos ingresados de forma manual ya que de traerlos todos resultaría en un duplicado de ingresos y consumos efectuados por sistema agregando los manuales. Para solucionarlo se optó por crear una clave excluyente que está conformada por la planta, la cancha, la columna y el volumen redondeado al segundo decimal. Con este criterio se recorre la lista de movimientos de madera del QVD y se compara con los QVDs de ingresos y consumos al momento de la carga de los datos, según la forma de trabajo de Qlik Sense. Esta medida soluciona el 96.7% de los problemas de duplicidad de información y lograba traer los movimientos faltantes, sin embargo, han ocurrido casos donde la logística escogida falla. Cuando el ingeniero encargado de hacer la carga se equivoca y contrarresta un ingreso bien efectuado (este ejercicio se llama reversa de ingreso) y luego lo vuelve a agregar, el modelo reconoce la reversa desde los movimientos manuales por lo que se anula con el ingreso, pero al existir el ingreso normal por sistema no trae la enmienda manual del ingreso realizado por la persona. No existen claves en los datos que creen una norma para reconocer movimientos manuales el 100% de los casos, por lo que se decide optar por la opción propuesta para solucionar el problema e ingresar una carga en una planilla dura al modelo con las cantidades justas que solucionen el problema de volumen.

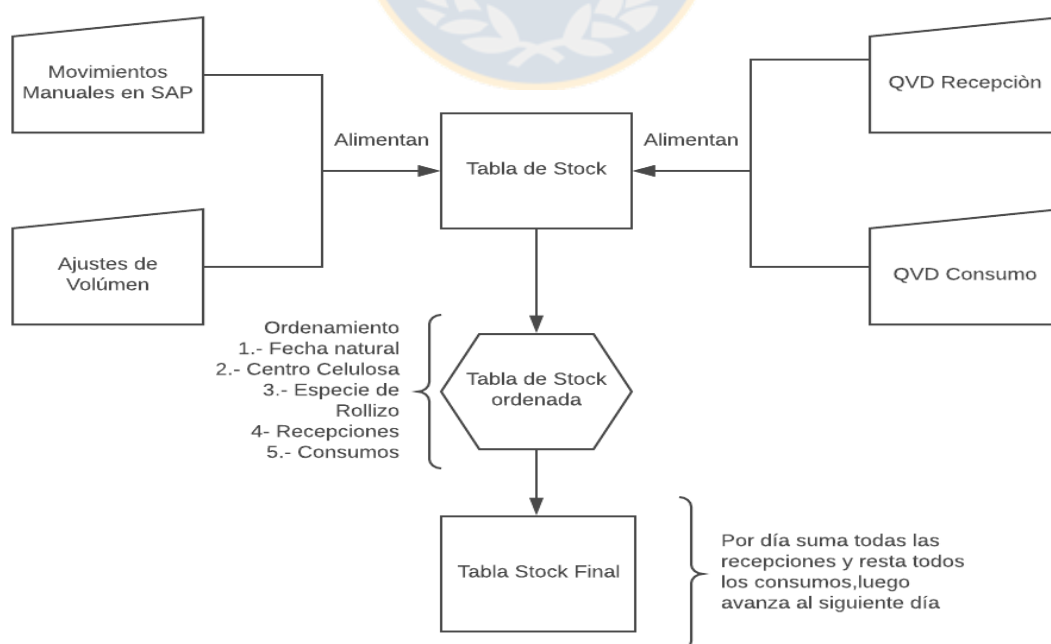


Figura 11. Modelo del cálculo de stock

Con el stock calculado bajo cualquier escenario posible, con o sin errores de por medio, solo basta calcular la edad promedio de la ubicación cancha-columna ponderando la edad de corta de los rollizos que la componen. Este cálculo es vital para la posterior propuesta de consumo ya que la edad de la madera es un criterio crucial en la calidad de su pulpa y el único factor para hacer la propuesta de consumo. Debido a la forma lineal de operar de Qlik Sense mencionada anteriormente la edad promedio de la columna se recalcula siempre que ocurra un ingreso en esta:

$$\text{Edad Promedio Calculada} = (X * Y_x / Z) + (((Y_z + 1) * (Z - X)) / Z)$$

Con X el volumen del registro nuevo que se desea ingresar a la pila de rollizos y Z el stock de esa ubicación. Cabe destacar que el cálculo de stock ocurre antes que el de antigüedad de la madera, por eso ese stock Z considera a X. Y son los días de antigüedad desde la cosecha del rollizo hasta su llegada a planta, Y_x es la antigüedad del registro nuevo y Y_z es la antigüedad del stock. Al evaluar un siguiente ingreso el mismo día no se le suma 1 a la edad del stock. De no haber nuevos ingresos simplemente se le suma un 1 a la antigüedad del lote. Por simplicidad cuando ocurre un consumo en la ubicación la antigüedad promedio no cambia, con esto se asume una edad homogénea en la pila que no es cierto, sin embargo, la junta de troncos con edades extremadamente distintas no ocurre, sino que se lleva esa madera a una nueva ubicación.

Es así como en el modelo tenemos la edad de cada ubicación con su stock correspondiente para todos los días. Gracias al modelo de trabajo de Sense, agrupa los datos de forma ponderada para obtener también una edad por especie y por planta de los patios de madera para una visión más general del estado actual del centro.

3.6 Proyección de Autonomía de las Plantas

Realizar todos los cálculos mencionados en la sección pasada, sumando a la información de tiempos de los camiones dentro de la planta; Que era un requerimiento de la empresa para que se incluyera en esta aplicación; hace imposible que la aplicación se recargue cada 15 minutos para poder visualizar el estado actual de la madera en los patios. Para solucionar esto se divide el código en dos cargas diferentes: Una carga grande a las 4 de la madrugada todos los días y otras reducidas durante todo el transcurso del día. Se escogió las 4 de la madrugada porque después de verificar la tasa de entradas de camiones a las 5 plantas de celulosa fue la hora, que en promedio, tuvo la menor tasa de ingresos de madera a los recintos de ARAUCO. La carga grande no sólo recalcula todo el modelo, sino también genera QVDs reducidos de todas sus operaciones ya resueltas, por lo que durante el día solo bastaría operar sobre los datos que vayan llegando cada 15 minutos y cargar los QVDs generados ese día, lo que es extremadamente eficiente.

Ya con un modelo reducido se prosigue a integrar un nuevo QVD de información al modelo que es la planificación de astillado. En el modelo ya existe integrado un QVD con el plan de abastecimiento de madera que suministra el negocio de forestal de ARAUCO a celulosa. Aquí notifican cuánta madera esperan entregar a las plantas para las fechas subsiguientes. Ahora también se cuenta con el plan de astillado que dice cuánta es la madera que se espera consumir en el futuro. Cuando la madera va a ser procesada desde las canchas o en el momento que llegan a planta, si es que se van a consumir de inmediato, pasan primero a un proceso de astillado donde se tritura la madera para que pueda pasar por todo el ciclo químico de la celulosa.

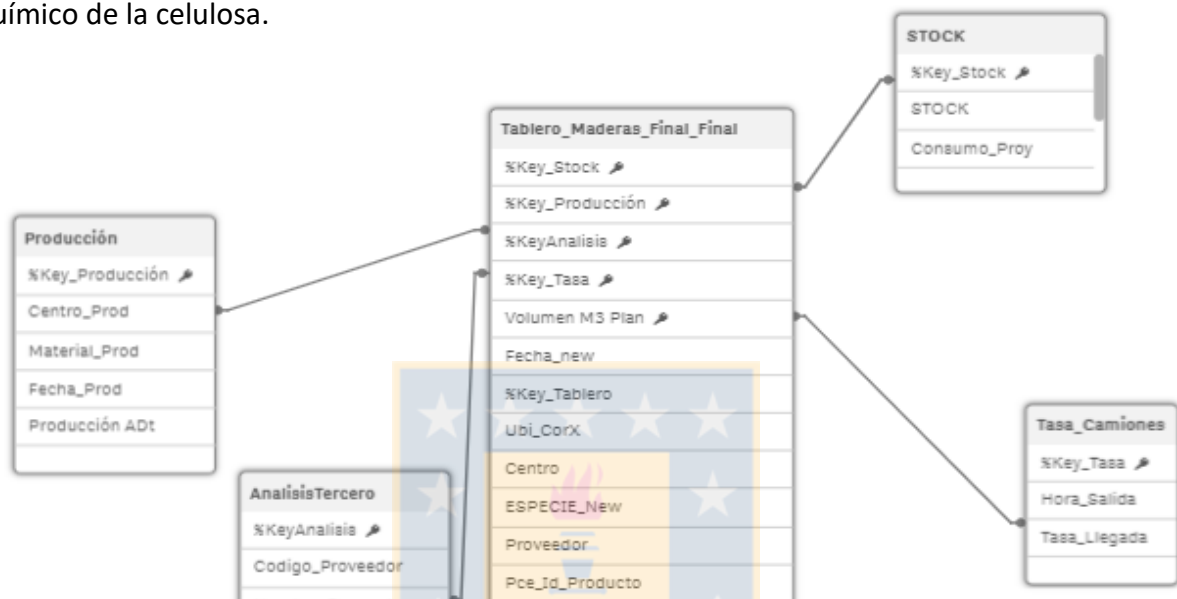


Figura 12. Modelo de la aplicación Cumplimiento Programa Abastecimiento que es una aplicación resumida de la antigua Abastecimiento Maderas Celulosa

Para que existan fechas futuras en el modelo se tuvo que volver a cruzar (LEFT JOIN) la tabla virtual con la de abastecimiento para incluir los días en los que se tiene plan de abastecimiento. El stock por cálculo seguía invariable en los días futuros, por lo que se agregó a la variable una nueva condición: Si el día es mayor a hoy entonces se le restará el plan de consumo y se le agregará al stock total el plan de abastecimiento. Si el día evaluado es hoy entonces se asume que la producción durante todo el día será lineal, por lo que se agrega la madera que ha ido llegando durante el día de forma automática y se le resta 1/24 del plan de consumo del día a cada hora. Así se simula un stock real hora a hora en planta.

La autonomía significa cuantos días productivos tengo solo considerando el stock de madera desde las canchas para el astillado y que varía según especie y planta, debido a que el promedio de astillado diario es distinto en función a la envergadura de la planta. Para el cálculo de la autonomía se considera el stock dividido por el consumo promedio de esa planta diferenciado por especie. El consumo promedio es ingreso manualmente al modelo por los jefes de patios de madera de cada centro. Las autonomías pueden promediarse por especie y/o centro para tener una autonomía ponderada de todo ARAUCO.

3.7 Propuesta de Consumo

Finalmente, con toda la información operativa en el modelo funcionando y con un sistema automatizado de recargas expeditas a cada hora, se tiene una herramienta capaz de dar una propuesta de consumo para los patios de madera.

La edad de la madera ya está calculada en el modelo, sin embargo, su humedad no viene como dato en el registro de recepción del tronco. Se tuvo que añadir una nueva planilla de información que son muestras de laboratorio de los troncos en duro, es decir, cargar al modelo las bajadas de datos de los sistemas de control de la calidad de madera, ya que no existe aún una base de datos automática de estas características, como sí existe de recepción de camiones, consumos, tiempos de camiones en planta, etcétera. Esta base indica cuál es la humedad del material y de qué proveedor viene. Así se une la tabla de proveedores con una clave a esta tabla de calidad para poder obtener la humedad de la madera que se registra según su origen. La información de humedad luego debe ser llevada hasta el final de la tabla calculada para poder establecer la calidad de la madera apilada en la cancha.

El modelo a esta altura ya cuenta con los dos factores detectados que afectan directamente la calidad de la pulpa que son la edad y la humedad de la madera. Para este trabajo se definió solo utilizar la edad de la madera como criterio, tanto por la confiabilidad de los datos y su periodicidad (los análisis de calidad de la madera que traen la humedad no los entregan siempre a una fecha fija). Realizar un algoritmo con ambas variables convertiría el problema en algo extremadamente más complejo, sin mejorar significativamente la calidad del resultado. Finalmente se convierte en un problema de optimización de una variable donde se busca alcanzar un óptimo de antigüedad de alimentación del digestor de rollizo para las plantas estipulado por los jefes de madera, logrando así una calidad constante de la pulpa.

Aunque se haya simplificado el problema tomando como medida solo la antigüedad de la madera, también se realizaron supuestos para hacer el trabajo posible y cercano a las limitantes que existen hoy:

- La madera que llegará mañana tiene el mismo origen (faenas forestales) que la madera que llegó hoy, por lo tanto, la antigüedad de ese origen se mantiene.
- La distribución en porcentaje de alimentación de los digestores entre el volumen directo (la madera que llega del camión y se va directo al digestor, no pasa por canchas) y el consumo que se hace de los rollizos almacenados en canchas, es la misma del día anterior.
- Siempre se va a favorecer la madera más vieja para la alimentación directa, para evitar que envejezca aún más dentro de las canchas.
- Las canchas deben ser consumidas hasta que se acaban, es decir, si se comenzó a consumir una ubicación se debe seguir consumiendo desde esa ubicación.

Si bien los supuestos que se hacen son fuertes no existe en la actualidad una forma de calcular una propuesta de consumo si no es con estos supuestos, ya que no existen todos los

datos, o bien, hay cosas que se asumen pero aún no son ciertas, por ejemplo los orígenes de los consumos de mañana debiese ser un dato que se reciba, pero actualmente no es así. De cambiar el escenario real de algún supuesto se cambiará la fuente del dato a los valores oficiales.

3.8 Antigüedad de la madera de la propuesta de consumo

Siguiendo los supuestos establecidos en el capítulo anterior, se realiza un experimento planta por planta en un día en particular. El algoritmo recibe en un día, en una planta, para una especie, a una hora en particular, un volumen específico. Un porcentaje de esta madera será destinada a cancha y otro porcentaje a consumo directo (sin ser almacenada en el patio de maderas). Según los supuestos ya mencionados, es el mismo porcentaje que el día anterior y con una antigüedad igual al promedio de las antigüedades de esa misma especie, en esa misma planta del día anterior. Teniendo el porcentaje de consumo directo, falta ver, según la tasa de camiones que entran en promedio a la planta, cuánto volumen falta para alimentar completamente la línea de producción, por ejemplo: Ayer entraron a las Y horas X camiones a la Planta C, se sabe cuánto volumen es en promedio un camión así que la transformación de camión a volumen metros cúbicos es directa. Entonces, con el porcentaje que existe de destino cancha y consumo directo, se puede decir que el producto entre el X y dicho porcentaje de consumo cancha es lo que se necesita durante el día.

Se tiene una antigüedad A y se quiere llegar a una antigüedad Z que es el óptimo, entonces lo que hace el algoritmo es ordenar todas las ubicaciones lote de la planta por antigüedad y resuelve: si $A > Z$ entonces de cancha se obtiene la madera con menor antigüedad que haya, si no cumple se consumirá la ubicación con mayor antigüedad que exista. Si esto cumple la cuota de alimentación entonces se pasa a la siguiente hora, sino se pondera de nuevo la antigüedad A y se vuelve a preguntar si $A > Z$ y continúa el ciclo. Recordar que cuando se consume madera, se consume por defecto de la aplicación todo el stock que exista en dicha ubicación. Si esta cantidad excede el consumo previsto para esa hora, entonces se arrastra la diferencia hacia la hora siguiente para ser consumida. Esa diferencia más los ingresos directos de madera pueden volver a superar la cantidad de consumo destinada para esa hora, si esto ocurre se vuelve a destinar a la hora siguiente el consumo del exceso de madera y vuelve a iterar.

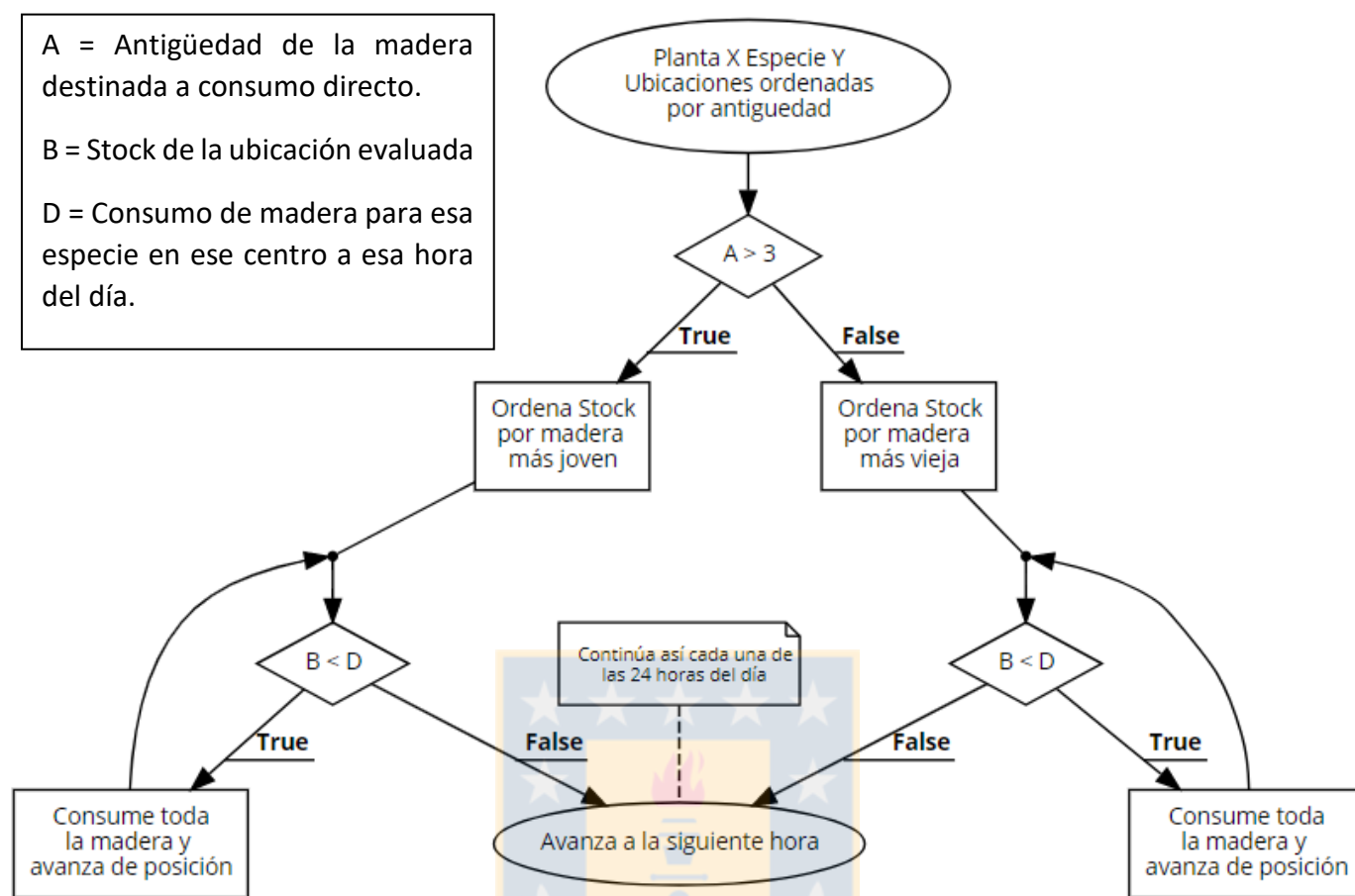


Figura 13. Diagrama del cálculo de la propuesta de consumo con una antigüedad objetivo igual a 3 meses. Itera una vez por cada hora del día.

El óptimo buscado es una tendencia estable en el tiempo que busque primero eliminar las ubicaciones de stock extremas más viejos y más jóvenes. El modelo no llegará al valor esperado en una primera iteración si existen antigüedades en las canchas de acopio de, por ejemplo, 10 veces más antiguas a la antigüedad objetivo. El algoritmo tiende a normalizarse naturalmente eliminando siempre los extremos primero y normalizando la antigüedad de stocks.

Capítulo 4

Experimentos y Resultados

El tablero de maderas original en la actualidad cuenta con 19 reportes individuales cuyos filtros están todos conectados entre sí, es decir, al filtrar un elemento en cualquier hoja este filtro repercutirá en todo el tablero.

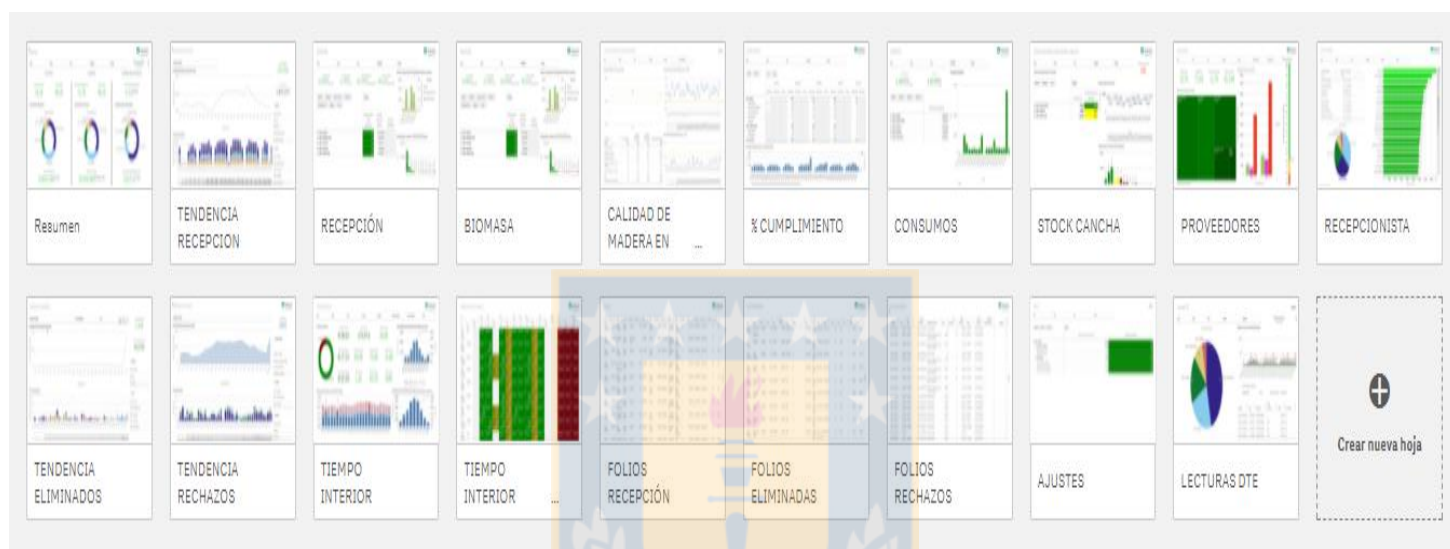


Figura 14. Actual abanico de reportes con los que cuenta el software de tablero de maderas publicado en ARAUCO para la visualización del estado actual de los patios de madera.

El tablero de maderas fue una de de las primeros aplicaciones publicadas para toda la empresa en la plataforma Qlik Sense. La aplicación sirvió de rúbrica sobre como mostrar la información dentro de las hojas de reportes. En las figuras a continuación se muestran pantallas del tablero de madera actualmente operativo para todas las plantas de celulosa de la empresa ARAUCO. Los valores están alterados para mostrar números falsos.

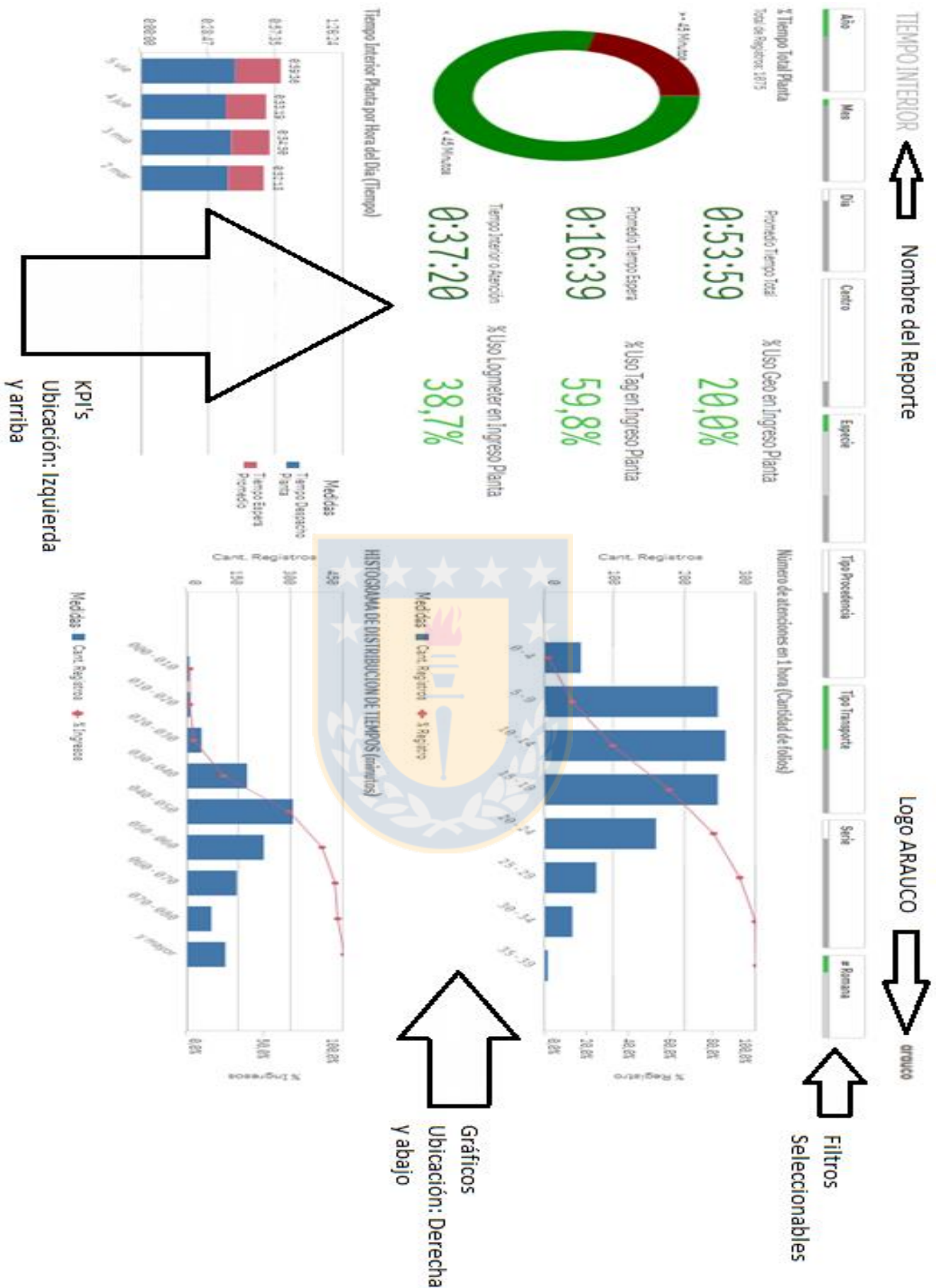


Figura 15. Reporte actual de los tiempos de los camiones al interior de las plantas y cuanto tardaron en completar un ciclo

STOCK CANCHA

arauco

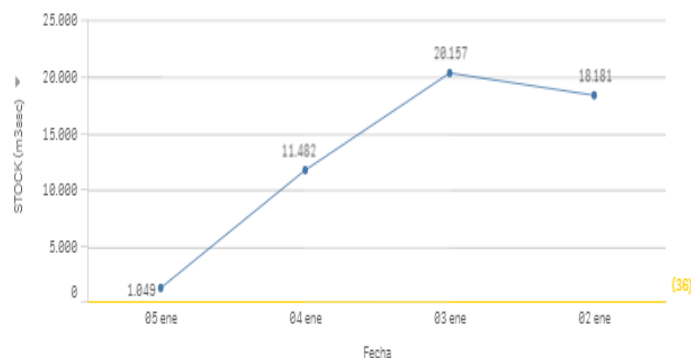
Año Mes Día Especie Centro Mov. Realizados Directo en SAP 0

Ultima Actualización
06-01-18 11:37

Stock Cancha [m3ssc] al 05 ene 2018

	Medidas			
	STOCK (m3ssc)	Antigüedad de Recepción (A)	Antigüedad en Cancha (B)	Antigüedad Total en meses (A + B)
Totales	1.049	1,66	0,03	1,69
CE03 - VALDIVIA	86	0,53	0,04	0,58
CE04 - LICANCEL	964	3,00	0,01	3,01

Stock Cancha en el Tiempo



Total de Stock en Cancha 1.049 [m3ssc]



Figura 16. Reporte de stocks a tiempo real (hora a hora) de todas las plantas. También en este reporte se muestra la autonomía de las plantas y la antigüedad de la madera

Año Mes Día Especie Centro Tipo Proveedor Procedencia

Ultima Actualización
06-01-18 11:37

Vol. Picado Directo

34.150 63,5%
% Vol. Picado Directo

Vol. Cancha (m3ssc)

19.589 36,5%
% Vol. Cancha

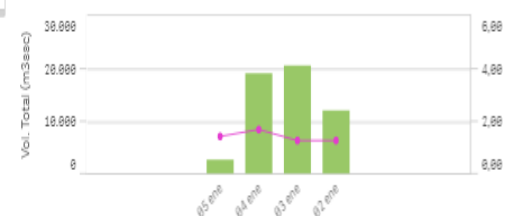
Vol. Bosque NO Quemado

53.740 100,0%
% Vol. Bosque NO Quemado

Vol. Bosque Quemado

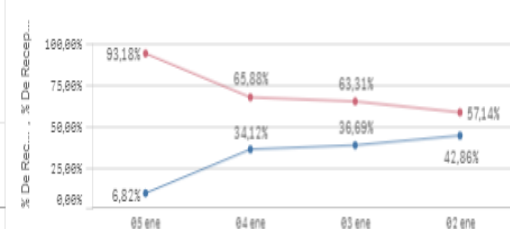
0 0,0%
% Vol. Bosque Quemado

Volumen recepciones VS Antigüedad VS Volumen madera siniestrada



	Medidas			
	ANTIGÜEDAD DE CORTA RECEPCION	VOLUMEN RECEPCION (M3SSC)	DENSIDAD PONDERADA	DENSIDAD APARENTE
CE01 - ARAUCO	1,3	12.898,6	352,4	1.254,3
CE02 - CONSTITUCIÓN	1,6	13.600,8	389,6	1.291,8
CE03 - VALDIVIA	0,6	14.078,6	344,4	1.501,2
CE04 - LICANCEL	2,0	4.428,8	423,0	1.136,7
CE05 - NUEVA ALDEA	1,9	8.732,8	370,5	1.246,5

% Destino Recepción



Antigüedad de recepción 53.740 [MSS] totales

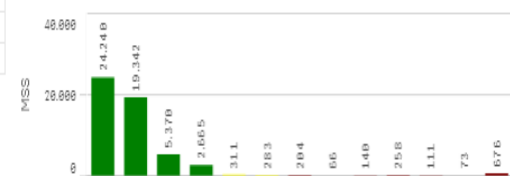


Figura 17. Reporte actual de los ingresos de madera de todas las plantas celulosa de Chile.

% CUMPLIMIENTO

arauco

Año Mes Día Especie Centro

Ultima modificación Plan 20-09-2017 11:08:37

CENTRO ▼		ESPECIE ▼		Fecha ▼		Medidas									
				05-01-2018			04-01-2018			03-01-2018			02-01-2018		
				Real m3sec	Plan m3sec	% Cump.	Real m3sec	Plan m3sec	% Cump.	Real m3sec	Plan m3sec	% Cump.	Real m3sec	Plan m3sec	% Cump.
CE01 - ARAUCO				134	7.801	1,7%	1.631	7.801	20,9%	2.741	7.801	35,1%	1.598	3.535	45,2%
PINO RADIATA				134	7.801	1,7%	1.631	7.801	20,9%	2.741	7.801	35,1%	1.598	3.535	45,2%
CE02 - CONSTITUCIÓN				716	6.159	11,6%	4.861	6.159	78,9%	5.457	6.159	88,6%	2.102	5.812	36,2%
PINO RADIATA				716	6.159	11,6%	4.861	6.159	78,9%	5.457	6.159	88,6%	2.102	5.812	36,2%
CE03 - VALDIVIA				483	7.574	6,4%	3.266	7.574	43,1%	2.818	7.574	37,2%	1.667	7.574	22,0%
PINO RADIATA				483	7.574	6,4%	3.266	7.574	43,1%	2.818	7.574	37,2%	1.667	7.574	22,0%
CE04 - LICANCEL				223	1.418	15,7%	1.513	1.418	106,7%	1.502	1.418	105,9%	1.191	709	168,0%

Vol. Recepción Real (m3sec) vs Cumplimiento Plan

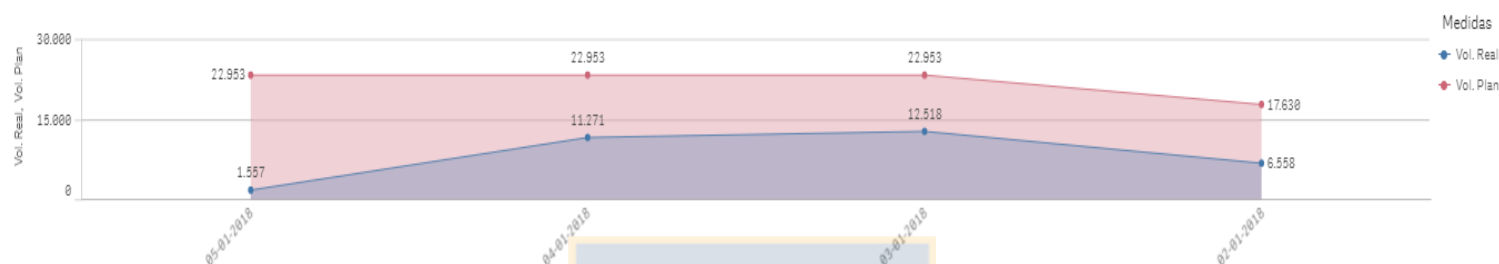


Figura 18. Reporte de cumplimiento del plan de abastecimiento dado por forestal versus la cantidad de madera que llega efectivamente a planta.

CONSUMOS

arauco

Año Mes Día Especie Centro Tipo Consumo

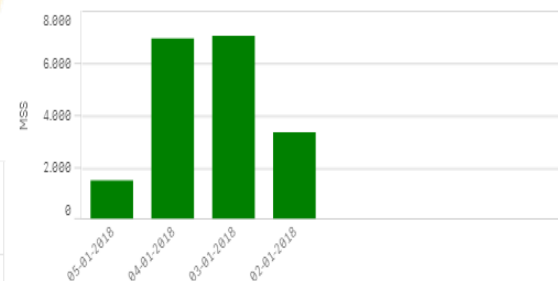
Ultima Carga Consumo

VOLUMEN CONSUMOS

Vol. Picado Directo
18.778 100,0%

Vol. Cancha
00,0%

Vol. Astillado
18.778



CENTRO ▼	ESPECIE ▼	TIPO COMBUSTI... ▼	PIC.DIRECT ▼	Medidas	
				VOLUMEN TOTAL CONSUMO (M3SSC)	VOLUMEN TOTAL CONSUMO (M3ST)
CE01 - ARAUCO				5.581,5	-
CE02 - CONSTITUCIÓN				6.291,2	-
CE03 - VALDIVIA				5.592,8	-
CE04 - LICANCEL				1.312,9	-

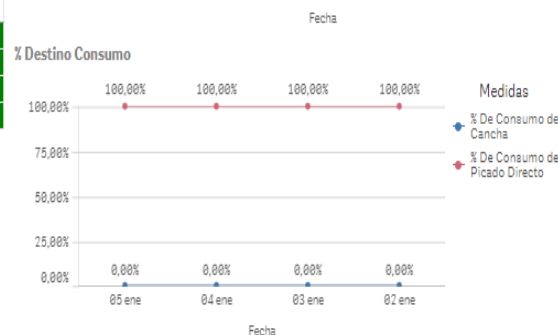


Figura 19. Reporte de los consumos desde los patios de madera y los consumos que pasan directamente al astillado para la producción de celulosa en todas las plantas.

4.2 Propuesta de Consumo



Figura 20. Interfaz de reporte de la propuesta de consumos desarrollada en este informe

El reporte muestra las ubicaciones desde donde consumir madera para la hora en la que se recarga el reporte para una especie y planta particular, también se muestra la cantidad de madera que se tiene que consumir desde cancha durante la próxima hora y cuál es la antigüedad del consumo de la madera para esta iteración. Esta hoja está anexa al reporte de madera simplificado que muestra el cumplimiento del plan de abastecimiento y comparte los filtros con todas las demás hojas de la aplicación, sin embargo, esta es la única parte de la aplicación que no está en uso actual en ARAUCO al día de hoy.

4.3 Resultados

Salvo por la propuesta de consumo, el resto de los requerimientos planteados en el capítulo 1 están funcionales desde Mayo del año 2017 y es, hasta la fecha, la aplicación más usada de toda la empresa ARAUCO, doblando en usos a la siguiente aplicación más solicitada en Chile por la compañía.

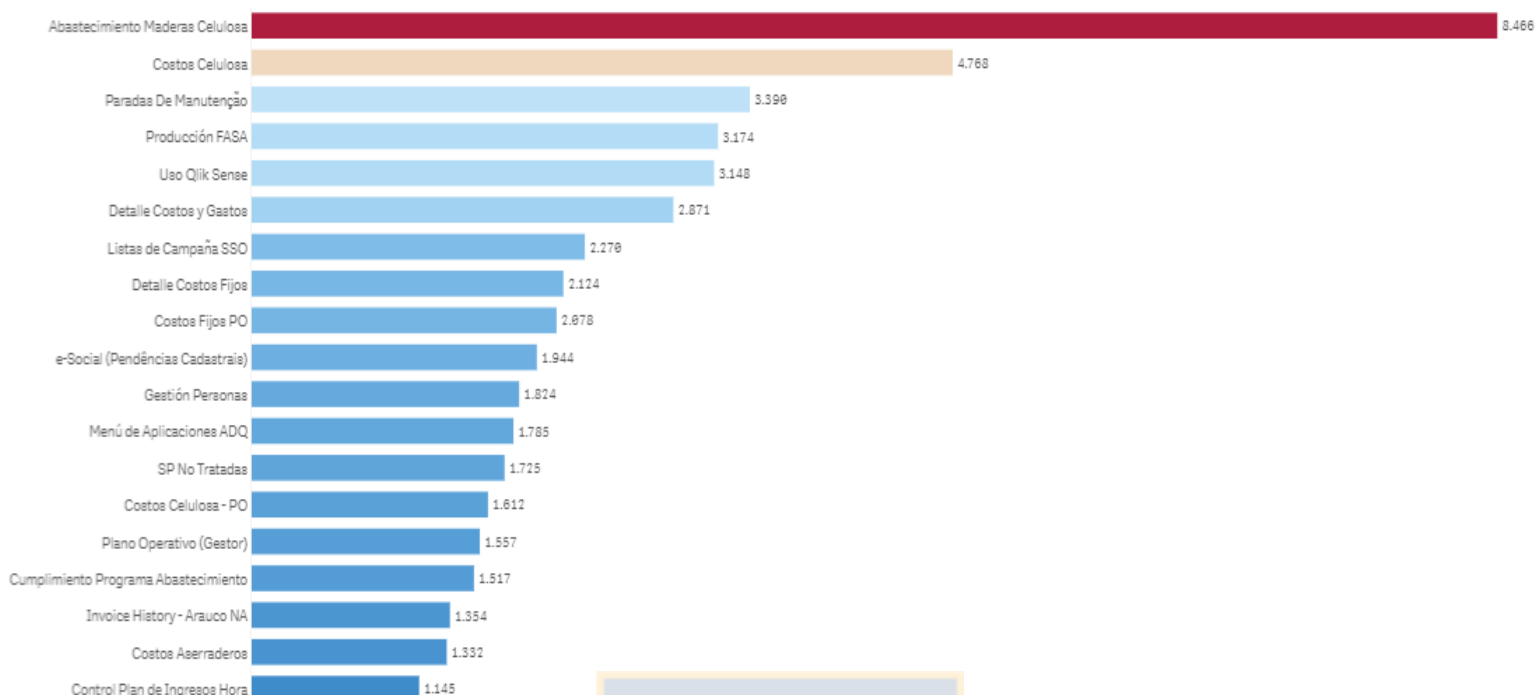


Figura 21. Uso de los reportes en Arauco a nivel corporativo. La aplicación “Abastecimiento Maderas Celulosa” cuenta con 8456 usos y se corona como el reporte más visitado. La aplicación que le sigue tiene 4768 visitas. Cabe destacar que si agregamos las 1517 visitas del “Cumplimiento Programa Abastecimiento” que es la aplicación resumida del tablero de la que se habló en el capítulo 3, logran en conjunto casi 10000 visita desde mayo a la fecha.

Si bien el reporte está acabado siguen las iteraciones de mejoramiento o de nuevos requerimientos para incluir en cualquiera de los dos modelos.

Actualmente más de 150 correos al mes son reemplazados por la aplicación y es usada tanto por ingenieros de planta y técnicos como gerentes y sub gerentes de todas las plantas. También la aplicación ha sido útil en la detección de malas prácticas de gestión puesto que, como es un reporte neutro a todas las plantas, los datos no pueden ser alterados para sus propias cuadraturas de stock entre el físico y el anunciado en sistema.

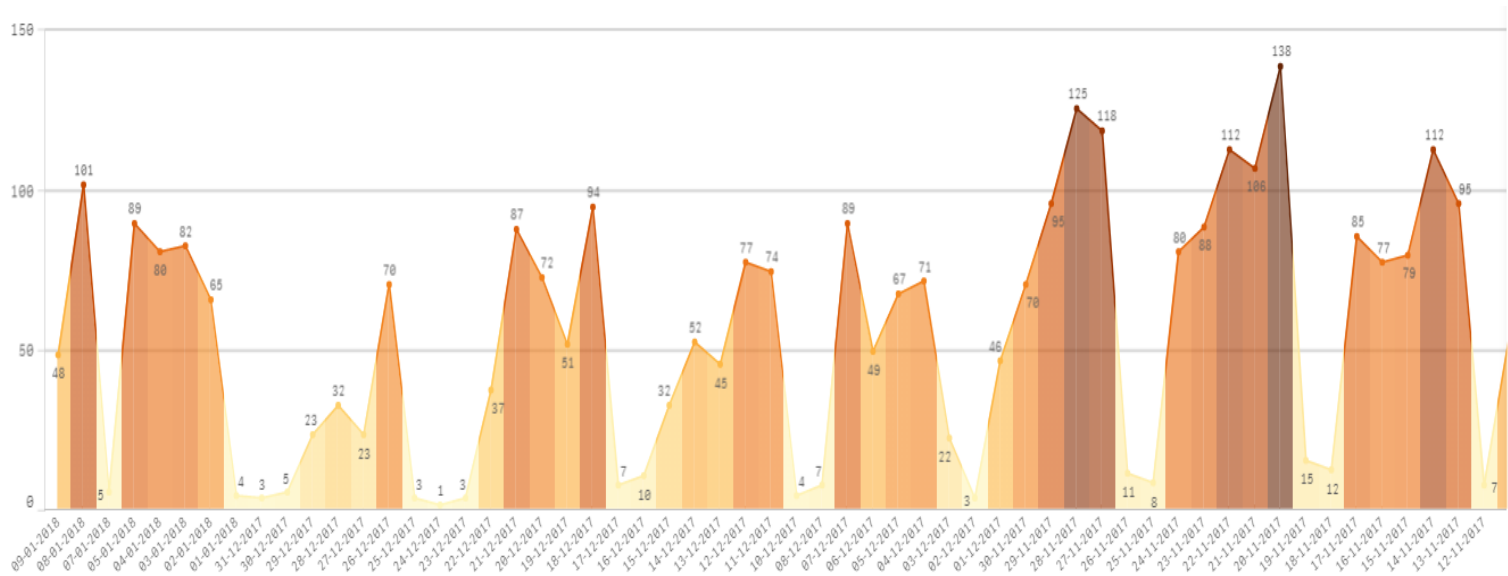


Figura 22. Uso en el tiempo de las aplicaciones “Abastecimiento Maderas Celulosa” y “Cumplimiento Programa Abastecimiento” por día.

Como se aprecia en la figura 23 las aplicaciones tienen una media de 80 usuarios al día en su uso, con excepciones de festivos y días domingo donde existe una baja evidente de las visitas. Se demuestra aún más la utilidad de las aplicaciones en días donde se necesite la información para toma de decisiones importantes. Esto puede verse en el periodo del 20 al 29 de Noviembre donde las plantas presentaban un desabastecimiento de madera. Durante estas contingencias las aplicaciones logran 120 visitas diarias promedio en un día.

Capítulo 5

Conclusión

Como se mencionó en el capítulo de resultados la aplicación del tablero de maderas es la más utilizada por todo el grupo ARAUCO y ha servido como ejemplo para las demás aplicaciones de la organización. Del presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

- Se logró unificar la información de las 5 plantas. Para el desarrollo de esta aplicación se crearon 10 repositorios de información comunes entre las plantas para poder relacionar la información de toda la compañía. Estos repositorios pueden ser usados por cualquier ingeniero de la empresa ARAUCO para facilitar su trabajo.
- Se lograron cada uno de los requerimientos específicos enunciados en el capítulo 1.5 a plenitud. Se tuvo que desarrollar una segunda aplicación por los excesivos tiempos de carga para la consolidación de todos los datos, como fue mencionado en el capítulo 3.6. Para tratar de reducir los tiempos de carga de la aplicación “Abastecimiento Madera Celulosa” periódicamente se optimizan las cargas de las tablas de datos, lo que significa un trabajo constante.
- Se logró diseñar una propuesta de consumo para las 5 plantas sujeto a las restricciones vistas en el capítulo 3. Se tuvo que acotar el problema más de lo que se esperó en un inicio, y aún no está en línea este reporte, sin embargo, actualmente se evalúa montarlo operativamente para los meses siguientes.
- Todos los días los jefes de patios de madera enviaban 1 único reporte de estado de las canchas de maderas de sus plantas que son 25 reportes aproximados en un mes, lo que significa que con solo sustituir ese reporte ya se están reduciendo 125 informes al mes. La aplicación hoy reemplaza a 4 reportes importantes (stocks, tiempo del camión al interior de las plantas, cumplimiento con el plan de abastecimiento, recepción de madera) con información en línea y actualizándose todas las horas.
- Con la propuesta de consumo se rescata el 4% de pérdidas de stock en los patios de madera que se pudren por el paso del tiempo. Aunque esta funcionalidad no se encuentra activa en la aplicación se espera integrar este algoritmo en la brevedad a la aplicación del “Cumplimiento Programa Abastecimiento” para su visualización en todo ARAUCO Chile.

5.1 Trabajos futuros

- Se busca reevaluar los requerimientos del tablero para poder limpiar datos y reducir considerablemente los tiempos de carga de la aplicación, con la esperanza de tener un control activo del stock cada 15 minutos.
- Realizar documentación acabada de todo el reporte. Se busca así poder recrear el modelo en los demás países y negocios de la compañía, para el control de insumos u otros productos.
- Publicar la propuesta de consumo en la aplicación de “Cumplimiento Programa Abastecimiento”. Se espera en el futuro desarrollar la propuesta multi-variable inicial, considerando la humedad de la madera además de su antigüedad. Esto se comenzará a desarrollar cuando se cuente con una base oficial para abastecer los datos de humedad de los rollizos.
- Para el reporte de los tiempos interiores planta (Figura 15) se busca desarrollar un seguimiento de cada camión a tiempo real, que permita visualizar en qué punto del ciclo de la madera en las plantas se encuentra. Con esta mejora se pretende hacer gestión de evitar colas de atención o apoyar en otras decisiones importantes para el jefe de patios de madera.

Referencias

- [1] R.Wimmer, G. M. Downes, R. Evans, G. Rasmussen and J. French (Inglés), *Direct Effects of Wood Characteristics on Pulp and Handsheet. Properties of Eucalyptus globulus*, *Holzforschung* Vol. 56 (2002) Paginas: 244 - 252
- [2] Gartner Methodology (Octubre 2017). *Business Intelligence Tools, FrontRunners for Business Intelligence*, <https://www.softwareadvice.com>
- [3] Tableau (Actualizado al 2018). *Who's Using Tableau?*, <https://www.Tableau.com>
- [4] Microsoft (Actualizado al 2018). *Business intelligence like never before*, <https://powerbi.microsoft.com>
- [5] Qlik (Actualizada al 2018). *Faster answers. More insights. Better outcomes*, <https://www.Qlik.com>
- [6] Qlik (Noviembre, 2017). *QVD Files*, [https:// help.qlik.com](https://help.qlik.com)
- [7] Cristian Bermúdez, Erika Garrido, Natalia Lara (4 Noviembre, 2012), *Modelo Incremental*, <https://procesosoftware.wikispaces.com>
- [8] Qlik (Noviembre, 2017). *What is Backus-Naur formalism?*, [https:// help.qlik.com](https://help.qlik.com)