

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
ESCUELA DE NEGOCIOS

**ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE PLANES DE MANTENIMIENTO
MEDIANTE EL ANALISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS DEL ÁREA QUÍMICA
LÍNEA 1, CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN, PLANTA ARAUCO**

Ramiro Antonio Roberto Peña Troncoso

José Miguel Palma Sánchez

2017

**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
ESCUELA DE NEGOCIOS**

**ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE PLANES DE MANTENIMIENTO
MEDIANTE EL ANALISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS DEL ÁREA QUÍMICA
LÍNEA 1, CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN, PLANTA ARAUCO**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de
Ingeniero Civil Industrial

Profesor Guía: Sr. Cristian Vergara Ocampo

Ramiro Antonio Roberto Peña Troncoso

José Miguel Palma Sánchez

2017

RESUMEN

El siguiente estudio apoya decisiones objetivas en reducción de costos de mantenimiento en la industria actual, sobre todo aquellas que han alcanzado un nivel de clase mundial. El estudio se centra en los equipos del área química línea 1 de Celulosa Arauco y Constitución S. A. Planta Horcones. Esta Planta cuenta con 2 líneas productivas: línea 1 (año 1968) con 800 [ton/día] y línea 2 (año 1992) con 1410 [ton/día] de celulosa.

El año 2012 se implementó en todas las áreas de línea 2 el análisis de criticidad de equipos, otorgándole así una categoría (K, P y O) para la conformación y respaldo de los planes preventivos, asignación de recursos, repuestos, materiales y servicios.

La propuesta de mejora, consiste en aplicar criticidad de equipos en base a riesgo de acuerdo a un criterio reconocido; para eso debemos analizar y reconocer su criticidad: alta (K): alta incidencia en la producción, seguridad y medio ambiente, criticidad media (P): incidencia media en la producción, seguridad y medio ambiente, criticidad baja (O): no afecta producción, seguridad y medio ambiente.

Se describe también otros procesos productivos para entender el entorno, y también una descripción, del área de interés, con la definición de equipos y subprocesos. Se realizará un estudio técnico productivo, para reconocer la situación actual y que podríamos mejorar. Se analizará también el ciclo de mantenimiento de los equipos.

Se describen así entonces los criterios para clasificar por niveles de acuerdo al impacto por cada uno de los equipos en sus respectivas instancias de reuniones de trabajo en equipo con personal de operaciones y mantención de planta Arauco. El resultado es el índice de criticidad de cada equipo del área química línea 1. Con este dato, ya es posible, generar de manera óptima y responsable una actualización de los planes de mantenimiento.

Finalmente este estudio muestra un análisis económico de la situación actual y la proyectada. Realizando flujos de costos asociados a los equipos del área en estudio. El análisis concluye con la comparación de aplicar o seguir asignando recursos tal cual se hace hoy en día.

SUMMARY

The following study supports objective decisions in reducing maintenance costs in today's industry, especially those that have reached a world-class level. The study focuses on the equipment of the chemical area line 1 of Celulosa Arauco y Constitución S.A. Horcones Mill. This mill has 2 production lines: line 1 (year 1968) with 800 [ton/day] and line 2 (year 1992) with 1410 [ton/day] of cellulose.

The criticality analysis of equipment was implemented in all areas of line 2 in 2012, giving it a category (K, P and O) for the formation and support of preventive plans, allocation of resources, spare parts, materials and services.

The improvement proposal consists of applying criticality of equipment based on risk according to a recognized criterion; For that we must analyze and recognize its criticality: high (K): high incidence in production, safety and environment, average criticality (P): average incidence in production, safety and environment, low criticality (O): does not affect production, safety and environment.

It also describes other productive processes to understand the environment, and also a description of the area of interest, with the definition of equipment and subprocesses. A productive technical study will be carried out to recognize the current situation and that we could improve. The cycle of maintenance of the equipment will also be analyzed.

Thus, the criteria for classification by levels according to the impact by each of the teams in their respective instances of teamwork meetings with Arauco plant maintenance and operations personnel are described. The result is the criticality index of each equipment in the chemical area line 1. With this information, it is already possible to optimally and responsibly generate an update of the maintenance plans.

Finally, this study shows an economic analysis of the current and projected situation. Performing cost flows associated with the equipment in the area under study. The analysis concludes with the comparison of applying or continuing to allocate resources as they are today.

INDICE

INDICE DE TABLAS	1
INDICE DE ILUSTRACIONES	2
INTRODUCCIÓN	3
1. CAPITULO I	6
1.1. INTRODUCCIÓN	6
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	8
1.3. JUSTIFICACIÓN	10
1.4. OBJETIVOS	11
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.5. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES	12
1.5.1. DELIMITACIONES	12
1.5.2. LIMITACIONES	12
1.6. MARCO DE REFERENCIA	13
1.6.1. PROCEDIMIENTO DETERMINACIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS	14
1.7. METODOLOGÍA	15
1.7.1. TIPO DE ANÁLISIS	15
1.7.2. MÉTODO DE ANÁLISIS	15
1.7.3. INFORMACIÓN DISPONIBLE	16
1.7.4. ETAPAS DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DURANTE EL ESTUDIO	18
2. CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y ANALISIS DE PROCESOS	19
2.1. LA EMPRESA	19
2.2. VISIÓN Y VALORES DE LA EMPRESA	20
2.3. PLAN ESTRATÉGICO DE LA EMPRESA	22
2.4. PROCESO PRODUCTIVO GENERAL DE LA PLANTA ARAUCO	22
2.5. PROCESO DE MANTENIMIENTO	27
2.5.1. ETAPAS DEL PROCESO DE MANTENCIÓN	27
3. CAPITULO III: DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORA	35
3.1. USO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD	37
3.2. METODOLOGÍA	38
3.2.1. CÁLCULO DEL (HIO) ÍNDICE DE IMPACTO EN OPERACIONES	39

3.2.2.	CÁLCULO DEL (IISM) ÍNDICE DE IMPACTO EN SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.....	44
3.2.3.	ÍNDICE DE CRITICIDAD A TRAVÉS DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD.	46
3.2.4.	DETERMINACIÓN DE CRITICIDAD EN LOS EQUIPOS	46
4.	CAPITULO IV: ANÁLISIS TÉCNICO/PRODUCCIÓN Y ECONÓMICO	54
4.1.	REPORTABILIDAD TECNICA Y DE PRODUCCIÓN	54
4.2.	ANALISIS ECONÓMICO	59
	CONCLUSIÓN.....	66
5.	BIBLIOGRAFIA.....	68
6.	ANEXOS	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Datos requeridos.....	39
Tabla 3.2 Criterios de Impacto de las Áreas de la Planta.....	40
Tabla 3.3 Criterios de Impacto de los Sub Sistemas del Área	41
Tabla 3.4 Criterios de Impacto de las Ubicaciones Técnicas de cada Sub Sistema del Área	42
Tabla 3.5 Valorización del Impacto (IIO), de acuerdo al código de impacto	43
Tabla 3.6 Criterios de (IIP)	44
Tabla 3.7 Criterios de (IITE)	45
Tabla 3.8 Matriz de Criticidad	46
Tabla 3.9 Cuadro Resumen Taller FA	47
Tabla 3.10 Cuadro Resumen Taller FS	47
Tabla 3.11 Cuadro Resumen Taller FSUT.....	48
Tabla 3.12 Resumen en “C” Valorización del Impacto (IIO), de acuerdo al código de impacto.....	49
Tabla 3.13 Calculo de Criticidad. Determinación del (IIO).....	50
Tabla 3.14 Calculo de Criticidad. Determinación del (IIP)	51
Tabla 3.15 Calculo de Criticidad. Determinación del (IITE)	51
Tabla 3.16 Calculo de Criticidad. Determinación del (IISM).....	52
Tabla 3.17 Calculo final de criticidad	52
Tabla 3.18 Resumen análisis de criticidad	53
Tabla 4.19 Informe de producción Planta Arauco (referencia Jueves 30 de Junio 2017)	55
Tabla 4.20 Observaciones Producción Planta Arauco (referencia jueves 30 de junio 2017)	57
Tabla 4.21 Registro de ACR, Área Química.....	58
Tabla 4.22 Flujo de costos de A. Química línea2, últimos 8 años. Sin y Con Criticidad	60
Tabla 4.23 Flujo de costos de A. Química Línea 1, últimos 4 años. Sin Criticidad de equipos.	61
Tabla 4.24 Flujo de costos de A. Química Línea 1, proyectado en los próximos 4 años. Sin Criticidad de equipos.....	62
Tabla 4.25 Flujo de costos de A. Química Línea 1, proyectado en a 4 años, c/referencia a Línea 2. Con Criticidad de equipos	63
Tabla 4.26 Flujo de caja Cruzado de A. química línea 1, proyectado a 4 años, con y sin criticidad.	64

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Costos de mantenimiento 2010 – 2017	8
Ilustración 2.2 Vista general Celulosa Planta Arauco (fuente www.arauco.cl)	24
Ilustración 2.3 Proceso general de generación de dióxido de cloro (fuente www.akzonobel.com)..	25
Ilustración 2.4 Etapas del proceso de mantenimiento (archivos personales)	28
Ilustración 2.5 Equipo para la identificación de problemas	29
Ilustración 2.6 Equipo para la planificación de las actividades de mantención	30
Ilustración 2.7 Equipo para la programación de las actividades de mantención.....	31
Ilustración 2.8 Equipo para la ejecución de las actividades de mantención.....	32
Ilustración 2.9 Equipo para el seguimiento de las tareas de mantención	33
Ilustración 2.10 Equipo para el análisis y retroalimentación	34
Ilustración 3.11 Parámetros para confección de una Estrategia de Mantenimiento.....	35
Ilustración 3.12 Parámetro adicional de impacto en Mantenimiento dentro de una planta.....	36
Ilustración 4.13 Tendencia de los costos de A. Química Línea#2, últimos 8 años. Sin y Con Críticidad de equipos.....	60
Ilustración 4.14 Tendencia costos de A. Química Línea 1, últimos 4 años. Sin Críticidad de equipos	61
Ilustración 4.15 Tendencia costos de A. Química línea 1, últimos 4 años sin Críticidad y proyectado a 4 años con Críticidad.....	63

INTRODUCCIÓN

La producción del “commoditie” celulosa hoy en día requiere de una alta diferenciación principalmente en sus costos de producción, estos costos se dividen en operativos (madera, químicos e insumos) y de mantenimiento.

La reducción de costos operativos pasa por efficientar la operación de modo de trabajar los sistemas en automático, mejorar temperaturas, flujos, presiones etc., con el que se llega a disminuir el consumo de químicos para blanquear pulpa de celulosa.

La reducción de costos de mantenimiento es un gran desafío ya que requiere de personal especializado en las distintas maquinarias y en distintas especialidades (mecánica, instrumentación y electricidad) una vez superado el tema de la especialización se deben validar técnicas que equilibren el mantenimiento preventivo, correctivo y mejorativo, apuntando siempre a aumentar el preventivo y disminuir el correctivo.

Es en esta última aseveración que este proyecto de título cobra fuerza ya que con la implementación de técnicas que ayuden a direccionar los esfuerzos e inversiones se logre una baja en los costos de mantenimiento.

Este trabajo muestra el desarrollo de un estudio de criticidad en la planta de celulosa de Arauco Horcones en el cual se caracterizaran los equipos de una planta de generación de dióxido de cloro como críticos, semicríticos y no críticos, con lo cual se le da una visión al mantenedor a la hora de asignar recursos de manera eficiente.

Se demostrará que mediante el estudio se logra reducir los costos de manera permanente en el tiempo y además se presentará la evolución de costos sin la implementación y con la implementación de criticidad de equipos.

1. CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

Nuestro estudio se realizará en Planta Celulosa Arauco y Constitución S.A. situada en la comuna Arauco, sector Horcones sin número. Planta Arauco es una fábrica de celulosa con 2 líneas productivas, línea 1 que opera desde 1968 procesando eucaliptus y línea 2 que opera desde 1992 procesando pino. Para ambas, existe la misma dirección y estándares de calidad, no así los mismos niveles de inversión, dado que los niveles de producción son muy distintos:

- Línea 1 800 [AdT/día] o [ton/día]
- Línea 2 1410 [AdT/día] o [ton/día]

NOTA: AdT significa: Air Dry Tons (Toneladas secas al aire)

En el mantenimiento de plantas industriales que presentan un proceso continuo se requiere orientar los recursos donde realmente se necesitan en función de la producción, es por esto que la planificación y programación de los trabajos de mantención se debe realizar de manera óptima y eficiente, de acuerdo a parámetros establecidos por la organización, en este caso la Criticidad, con el objeto de realizar lo necesario en el momento exacto y otorgar confiabilidad y disponibilidad a estas plantas de proceso continuo, y que cuentan con 10 días de parada general de planta, para Mantencion.

En este sentido debemos conocer el impacto de los equipos en el proceso productivo, lo cual permite definir y dirigir recursos de mantenimiento a donde y cuando realmente se requieren, de manera de determinar objetivamente horizontes de planificación claros con fechas, frecuencias, actividades, repuestos, materiales y recursos de mano de obra. Para ellos es necesario considerar reuniones multidisciplinarias de trabajo con personal encargados de la operación de los equipos y de la mantención.

Como una estrategia de mejora en la mantención, el año 2012 Planta Celulosa Arauco realizó un estudio de criticidad a equipos de su línea 2; con la función objeto de clasificarlos con las siguientes categorías: Criticidad Alta (K), Criticidad Media (P) y

Criticidad Baja (O). Obteniendo beneficios económicos en el presupuesto anual y por otro lado una mejora de la calidad en las actividades de mantenimiento.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente los equipos de línea 1 no tienen asignado su nivel de criticidad en la identificación los equipos, por lo tanto la planificación de los trabajos de mantenimiento no cuentan con este criterio, sino que se realiza en función de la experiencia y no con una metodología en base a riesgo, es por esto que los esfuerzos de mantención podrían estar “quizás” mal dirigidos, con sobre costo en repuesto y materiales, frecuencias de intervención, lo que implican costos realizados anualmente anti económicos, es aquí donde se fundamenta la necesidad de este análisis con el que se identificara la importancia o incidencia de cada equipo en el nivel de producción, y así orientar una mantención objetiva y justificadamente a un nivel económico óptimo.

El problema real de fondo es el costo de mantenimiento de área química de línea 1, que a través de los años ha ido en aumento.

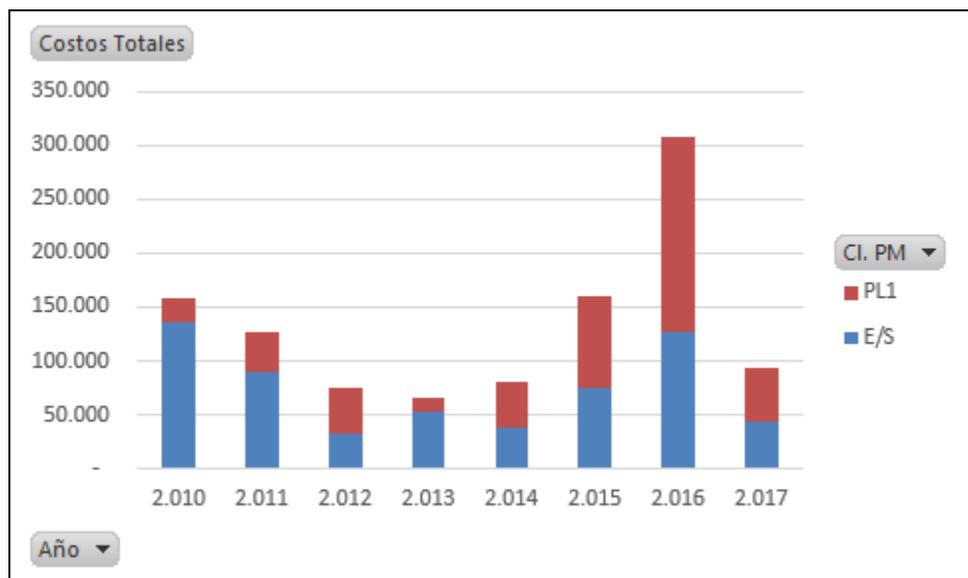


Ilustración 1.1 Costos de mantenimiento 2010 – 2017

El gráfico anterior, implica tomar acciones que impulsen al personal de mantenimiento a reducir costos y controlar su presupuesto. Una de estas acciones es la priorización en base a riesgo, propuesto en este proyecto de título, de tal manera de

destinar recursos e inversiones donde y cuando corresponda, actualizando los planes de mantenimiento.

El ciclo de mantenimiento para los equipos de línea 1 en planta Arauco se realiza en base a la experiencia del equipo de profesionales que las opera y mantiene; por lo tanto, si consideramos la buena práctica de línea 2, se aplicara la mejora de manera óptima y en base a un criterio conocido, esto es: los equipos que afectan directamente a la producción y los que tienen una menor incidencia deben tener un nivel de confiabilidad que aseguren la producción diaria comprometida como plan operativo, para lo anterior se deberá analizar y reconocer su criticidad:

- Criticidad Alta (K) : Equipo que al existir falla afecta directamente la producción y la protección de las personas y medio ambiente.
- Criticidad Media (P) : Equipo que al existir falla puede pasar un tiempo y a posterior afectar la producción o la protección de las personas y medio ambiente.
- Criticidad baja (O) : No afecta la producción ni la protección de las personas y medio ambiente.

Deficiencias actuales:

- Mantenimiento programado en base a la experiencia.
- No existe criticidad de equipos para definir prioridades frente a contingencias.
- Altos costos de servicios de mantenimiento.
- Problemas de calidad en el Mantenimiento masivo de parada de línea anual.

El resultado de nuestro Análisis debe demostrar la aplicación del concepto de confiabilidad, ya que al asegurar la disponibilidad de los equipos en base a riesgo, se fortalece los resultados en la calidad del mantenimiento, niveles de producción y costos asociados.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Se tiene la experiencia previa, desde el año 2012 de que la criticidad de los equipos ha ayudado a definir estrategias de mantenimiento orientadas a mejorar la planificación, programación y costos, por lo tanto mencionamos cuales serían los beneficios que nuestro análisis entregará:

- Disminuir los costos de mantenimiento del área.
- Lograr dar el primer paso en la administración del riesgo en área química línea 1.
- Mejorar y ayudar a la toma de decisiones frente a imprevistos en la producción y mantención.
- Invertir recursos y esfuerzos de manera óptima y justificada, así demostrar menor gasto en el mediano plazo.
- Para el caso de una inversión, se optimizará la relación costo/beneficio.
- Se podrán justificar los proyectos de mejora continua.
- Definir componentes y repuestos críticos y su stock de bodega
- Mejorar la confiabilidad y disponibilidad del área.

Los Ítems anteriormente mencionados, de alguna manera están vinculados al costo de mantenimiento y beneficios en producción, que son nuestros dos focos. Nuestro análisis mostrara que gestionando los activos, identificando y planificándolos de forma óptima las tareas y costos de mantención tendrán una baja sustancial en la asignación de recursos en el área química línea 1, siendo esto, uno de los objetivos actuales de Arauco como compañía en la gestión de mejora continua.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un análisis de Criticidad para el mejoramiento de los planes de mantención en los equipos de área química línea 1. A través de esta técnica en base a riesgo que define la criticidad de los equipos de proceso, obteniendo beneficios económicos a mediano y largo plazo.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Obtener un Levantamiento y clasificar los equipos en criticidad operativa, a través de la información disponible de los sistemas de procesos del área química, analizando cuáles de los sistemas son de producción continua y cuáles se pueden prescindir de ellos por determinados intervalos de tiempos.

Desarrollar un análisis de la situación Actual, con un enfoque en la directa relación que existe entre técnico/producción, considerando la disponibilidad de los equipos, beneficios en la producción continua, detenciones no programadas, pérdidas de producción por fallas, malas partidas, factores externos, otros.

Desarrollar una propuesta de mejoramiento en los planes Preventivos considerando el criterio de priorización de intervención en los equipos de Área química línea 1, desarrollando adicionalmente un análisis técnico de los componentes en cada uno de los equipos, estableciendo y determinado en general sus repuestos críticos, frecuencias de cambio, condiciones, mano de obra especializada, inspecciones, lubricación y limpieza, etc.

Desarrollar una evaluación económica considerando las mejoras propuestas en el estudio de priorización de intervención y compararla con la situación actual. Por ejemplo, tiempos por mantenciones programadas y no programadas, considerando la pérdida de producción asociada; por otro lado el gasto de recursos por mantención y sobre mantención de componentes y servicios.

1.5. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES

1.5.1. DELIMITACIONES

El estudio del presente proyecto se realizará en los equipos de área química línea 1, esto ya que se posee toda la información de proceso y del impacto que tienen sus equipos en la producción de dióxido de cloro (ClO_2), además ya que corresponde al área de trabajo de uno de los participantes del estudio que tiene como responsabilidad el mantenimiento mecánico de área química línea 2 (con estudio de criticidad implementado) y área química línea 1.

En función de los costos se considerarán 4 periodos anteriores (desde el 2013 al 2016), fechas en las cuales se realizado mantenimiento preventivo y correctivo durante paradas de línea y en servicio, estos periodos serán el referente para realizar los análisis comparativos de lo gastado v/s la propuesta a realizar como conclusión del presente trabajo, para los efectos anterior la base de datos a utilizar es el SAP, única herramienta de gestión válida para obtención de información sistemática.

1.5.2. LIMITACIONES

No se presentan limitaciones.

1.6. MARCO DE REFERENCIA

El estudio de criticidad es una técnica utilizada en la industria moderna y en empresas de nivel mundial “World Class” en las cuales la diferenciación clave es el costo y precio venta, respecto a su competencia.

En el caso de las fábricas de pulpa de madera, la venta de celulosa es uno de los segmentos de mercado de altos niveles de competencias internacionalmente para captar clientes que buscan estándares de clase mundial en calidad y buen precio.

A nivel de ingeniería de la industrial existen distintos procedimientos y metodologías para determinar la influencia de los equipos en los procesos productivos, esto es: un análisis de riesgo en el cual se determina la probabilidad de falla y la consecuencia que tienen en los equipos y determinar un nivel de riesgo estándar con el cual poder gestionar inversiones y planes de mantenimiento, así las técnicas utilizadas deben ser datos, herramientas estadísticas, estudio de procesos y análisis económicos.

Para realizar este análisis de determinación de equipos críticos, se requiere obtener información desde distintas fuentes, estas son:

- Sistema de gestión SAP, para conocer el universo de equipos (mecánicos, eléctricos e instrumentación), para conocer los repuestos y costos históricos del mantenimiento.
- Manuales de operación, diagramas de proceso.
- Manuales de mantención.
- Catálogos técnicos de repuestos de equipos.
- Procedimiento para determinar equipos críticos, el cual será una guía estándar para validar el estudio a línea 1, ya que fue realizado en línea 2.

1.6.1. PROCEDIMIENTO DETERMINACIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS

El objetivo del procedimiento es establecer un método para clasificar la criticidad de los sistemas y equipos de una planta según el impacto provocado por fallas, en dos aspectos:

- Impacto por la alteración de sus funciones sobre aspectos del proceso productivo.
- Según la peligrosidad del fluido que contienen y sobre el impacto por la alteración de las funciones de protección seguridad hacia las personas y el medio ambiente.

Esta clasificación deberá ser utilizada como herramienta de priorización en la gestión de activos tanto en su etapa de diseño (CAPEX) como en su operación y mantenimiento (OPEX). Entre algunas de las aplicaciones se destacan: en las estrategias de mantenimiento (planes, capacitación, decisiones de inversión, niveles de inventarios de repuestos, etc.), calidad de la información para, estudios de vulnerabilidad, proyectos, actualización órdenes de trabajo, compras y cualquier otra actividad que requiera priorizar su atención.

También este procedimiento incorpora las buenas prácticas de empresas de Clase Mundial así como las lecciones aprendidas en cada una de las Plantas de Arauco S.A. bajo el concepto de Mejora Continua contenido en el modelo de Gestión de Activos de la norma PAS 55.

Se aplica a todos los sistemas, equipos y dispositivos que son parte de una planta de celulosa que tengan funciones Productivas, de Protección a las Personas y al Medio Ambiente en todas las Plantas de Celulosa ubicadas en Chile y Argentina. Específicamente se debe aplicar cuando se producen los casos:

Incorporación de proyectos nuevos que incluyan:

- Nuevas UT (Ubicaciones Técnicas).
- Eliminación de UT.
- Cambios de capacidades o configuraciones (serie, paralelo, batch, etc.).
- Regularización de UT existentes en terreno, pero que no están en SAP.
- Incorporación o eliminación de fluidos en los procesos.

1.7. METODOLOGÍA

1.7.1. TIPO DE ANÁLISIS.

Este análisis es de tipo descriptivo, ya que al conocer la descripción exacta y contar con los datos de cada una de las actividades, equipos y procesos, se rescatan los KPI's del proceso y de equipos y se mide la eficiencia; a través de su comportamiento, priorizando en base a riesgos, otorgando así el enfoque para una mantención óptima, según el estándar que se requiere. Esto se consigue a través de reuniones de trabajo con superintendentes, jefes de área, operadores y mantenedores, esto para determinar y dar a conocer el impacto de los equipos en el proceso evitando la frecuencia de falla.

1.7.2. MÉTODO DE ANÁLISIS.

Se utilizará el actual modelo de evaluación de criticidades utilizado en Celulosa Arauco y Constitución S.A. Se realizará un análisis de riesgo a los activos del área, el riesgo es una forma de determinar cuáles equipos están más propensos a generar una merma económica en una planta productiva. Esta merma se determina en los ámbitos de costos, producción, seguridad para las personas y medio ambiente.

Evaluación de criticidades en función del riesgo, definida por:

Riesgo = $P \times C$, donde,

P : Probabilidad ocurrencia un evento específico. (Tasa de Falla del equipo)

C : Consecuencia o Impacto al dejar de cumplir la función.

Por otro lado es necesario tener una referencia de la mejora, desde el perfil técnico/productivo, donde se pretende vincular la información existente, en una matriz de análisis y obtener resultados de lo actual y lo proyectado.

Para lo anterior de manera inicial se realizarán entrevistas con distintos cargos con responsabilidad directa en la producción y en el mantenimiento.

1.7.3. INFORMACIÓN DISPONIBLE

Disponibilidad de los equipos por subsistemas, identificando cuales pertenecen a la línea continua y de cuáles se puede prescindir por determinados tiempos.

- Diagramas de proceso P&C del área 056.
- SAP, UTs; Área CA01-056-XXX

Registro de la información actual de pérdidas de producción por Fallas internas o externas, por falta de disponibilidad de los equipos y/o malas Operaciones.

- KPI del área productiva diario.
- Informes de ACR. Filtro por a. química línea 1
- SAP, UTs; Área CA01-056-XXX-XXX-XXX

Registro en SAP de los Planes Preventivos, periodos de intervención, frecuencias, uso de repuestos y análisis de falla.

- SAP, BOM (Bill of Material) de materiales, uso de componentes principales y secundarios.
- Catálogos de equipos, insumos de equipos, planos.
- Manuales de operación y mantenimiento.
- Registros en DCS, tendencias, comportamiento, niveles, cargas.
- SAP, UTs; Área CA01-056-XXX-XXX-XXX

Informes de producción de las pérdidas de producción asociadas a equipos. Registros en SAP de las Órdenes de trabajo asociada por cada intervención en cada UT, costos asociados por repuestos, servicios internos y a terceros.

- SAP, fechas de intervención.
- KPI del área productiva diario.
- SAP, costos uso repuesto y bodega actual

- SAP, costos históricos servicios.
- SAP, UTs; Área CA01-056-XXX-XXX-XXX

1.7.4. ETAPAS DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DURANTE EL ESTUDIO

Para la realización del estudio se realizaran las siguientes etapas:

- Confección de planillas estándar de trabajo para reuniones con operaciones y personal de mantenimiento, para reconocer los subsistemas y línea continua.
- Realización de reuniones de trabajo con personal de operaciones (Jefes de área y operadores) para determinar el impacto ante una falla de los equipos.
- Realización de reuniones de trabajo con personal técnico de mantención para determinar probables frecuencias o eventos de falla en el tiempo, de los equipos.
- Realizar el levantamiento de la información y elaborar matrices de criticidad (K, P y O).
- Analizar la situación actual, y rescatar los mayores impactos en la producción, en cuanto a tiempos por fallas internas y externas, costos y pérdidas de producir.
- Recopilación de información desde SAP y transportar a planillas Excel para desarrollar su análisis de gestión, en cuanto tiempos, costos, repuestos, etc.
- Proponer nuevos planes de mantenimiento para los equipos críticos, estableciendo principalmente las respectivas tipos y frecuencias de intervención, resguardando stock de repuestos críticos, sujeto a condición y fijos.
- Estudio de costos y elaboración de propuesta de reducción de costos.
- Elaboración de planes de inversión.

2. CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y ANALISIS DE PROCESOS

2.1. LA EMPRESA

Celulosa Arauco y Constitución S.A., es una de las mayores empresas forestales de Chile, está formada por un conjunto de empresas forestales. Planta Arauco es una de las más antiguas junto a la planta de Constitución las cuales dieron el origen al Holding Arauco en el año 1979.

Arauco posee una gran masa forestal, su patrimonio es más de 1 millón de hectáreas, con bosques en Chile, Argentina, Brasil y Uruguay, con sus cinco plantas en Chile (Planta Arauco, Planta Constitución, Planta Licancel, Planta Valdivia y Planta Nueva Aldea).

El negocio de celulosa en Chile produce celulosa blanqueada y sin blanquear (café) de fibra larga de Pino y celulosa blanqueada de fibra corta de Eucalipto

- Celulosa Kraft Blanqueada de Pino (BSK): Se utiliza para papeles de escritura, impresión y papeles sanitarios.
- Celulosa Kraft Blanqueada de Eucalipto (BHK): Se utiliza para papeles de escritura e impresión y papeles sanitarios.
- Celulosa Kraft Sin Blanquear de Pino (UBSK): Se utiliza para material de embalaje, papeles dieléctricos, fibrocementos y otros

La distribución comercial a nivel global es centralizada y desarrollada por una red de representantes ubicados en los principales países clientes a los cuales se envía celulosa.

El Área Celulosa utiliza madera proveniente exclusivamente de plantaciones de pino y eucalipto para la producción de distintos tipos de celulosa o pulpa de madera: celulosa blanqueada, utilizada principalmente en la fabricación de diversos tipos de papel, desde escritura hasta sanitarios; celulosa sin blanquear, utilizada en la fabricación de material para embalaje, filtros, productos de fibrocemento, papeles dieléctricos, entre otros; y celulosa fluff, utilizada en la elaboración de pañales y productos de higiene femeninos.

ARAUCO se ubica entre los principales productores de celulosa a nivel mundial. Ha alcanzado una sólida posición en el mercado como proveedores de celulosa de excelentes características, gracias a altos estándares de producción mantenidos en el tiempo.

Arauco posee una serie de certificaciones en todas sus plantas:

- CERTFOR/PEFC CdC
- FSC CdC/CW
- ISO 14001
- ISO 9001
- ISO 17025

Nota: fuente www.arauco.cl

2.2. VISIÓN Y VALORES DE LA EMPRESA

Arauco, se identifica como una empresa líder del sector forestal de Chile, asumiendo un compromiso irrenunciable con la calidad.

Arauco tiene como **visión** contribuir a mejorar la vida de las personas, desarrollando productos forestales para los desafíos de un mundo sostenible.

A Arauco lo define:

- Producir y gestionar recursos forestales renovables.
- Ser una empresa global que hace suyos los desafíos de estar presente en el mundo
- Crear productos que mejoran la vida de las personas.

Cada uno de los complejos de la sociedad Arauco, está regido por importantes **valores** que asientan una cultura empresarial sólida y responsable:

- **Seguridad:** La seguridad de las personas es prioridad en las decisiones que dan origen a todo tipo de labores, solo de esa forma se considera que el trabajo fue satisfactorio. La meta de Arauco es siempre lograr cero accidentes.

- **Compromiso:** Asumir los desafíos con la mejor disposición y el mayor esfuerzo en pos de lograr el objetivo.
- **Excelencia e innovación:** Ser líderes en emprendimiento, manteniendo el desafío a las propias capacidades y una actitud innovadora para lograr alcanzar las metas.
- **Trabajo en equipo:** Respetar y valorar a cada persona, promoviendo el trabajo en equipo, con el cual se logra un mejor y más rápido avance.
- **Buen ciudadano:** El trabajo realizado tiene como fin aportar bienestar social, respeto a la comunidad y al medio ambiente.

2.3. PLAN ESTRATÉGICO DE LA EMPRESA

- Cumplir en cada contrato de venta lo pactado con el cliente.
- Asegurar que la cadena que se inicia con el ingreso de materias primas y termina con el producto en la bodega del cliente, satisfaga los estándares de calidad establecidos.
- Mantener y desarrollar programas de entrenamiento y capacitación del personal de modo que participe del compromiso de calidad asumido por la empresa y pueda hacer un aporte efectivo a éste en su ámbito de trabajo.
- Controlar los procesos de las plantas industriales, con el objetivo de minimizar el impacto sobre el medio ambiente.

2.4. PROCESO PRODUCTIVO GENERAL DE LA PLANTA ARAUCO

Los complejos de celulosa de Arauco instalados en el país basan sus procesos en sistemas productivos similares. Las plantas de los sectores Nueva Aldea y Horcones utilizan dos líneas de trabajo dependiendo del tipo de materia prima (pino o eucaliptus); en el caso Nueva Aldea ambas líneas funcionan con procesos iguales, sin embargo en la planta del sector Horcones las líneas utilizan sistemas de cocción diferentes. A continuación se describen las etapas del proceso productivo que se desarrollan en el complejo Horcones.

Celulosa planta Arauco actualmente consta de dos líneas productivas una de eucaliptus y otra de pino con producciones nominales de 800 [AdT/día] y 1410 [AdT/día] respectivamente. Su proceso de producción es el proceso kraft, con blanqueo libre de cloro elemental, es complejo en función de la cantidad de operaciones relacionadas para la extracción de celulosa:

- **Preparación Maderas:** Aquí se reciben troncos, se pesan, almacenan rollizos, se descortezan y transforma la madera en chips de astillas y se deposita en pilas de astillas las cuales tienen una capacidad para 4 días de producción, existen dos líneas, línea 1 de eucaliptus y línea 2 de pino. Sus principales equipos son descortezadores,

transportadores (cinta y tornillo) y astilladores. La corteza de madera se utiliza en calderas de poder de ambas líneas como combustible para la producción de vapor de alta presión para la generación de energía eléctrica y uso en el proceso productivo.

- **Recuperación de Licor:** Durante la etapa de lavado de astillas, se separa la materia orgánica disuelta desde la madera y los componentes inorgánicos que provienen del licor blanco. Esta solución denominada licor negro es concentrada y, enviada a la Caldera Recuperadora para su combustión, generando vapor de agua. Este vapor de alta presión alimenta a turbogeneradores para producir la energía eléctrica que consume la Planta y entrega sus excedentes de energía al Sistema Interconectado Central. Una fracción del licor negro está constituida por cenizas inorgánicas que se depositan en el fondo de la Caldera Recuperadora, al disolverlas en agua dan origen al llamado licor verde.
- **Hornos, Caustificación y efluentes:** Se procesa licor verde proveniente de la caldera recuperadora para regenerar la soda cáustica mediante la adición de cal producida en el Horno de Cal, así se fabrica el licor blanco que es utilizado nuevamente en el proceso de cocción de la madera. Se produce de este modo un proceso cíclico cerrado, en el cual sólo es necesario reponer eventuales pérdidas. Efluentes es el área donde se preparan los riles del proceso para generar el menor impacto y ser depositados en el mar.
- **Fibra:** Se procesa la madera para la producción de celulosa en pulpa blanca fluida, mediante la cocción de madera en digestores batch o digestor continuo con licor blanco para realizar la separación de las fibras de celulosa y la lignina, esta pulpa café pasa a continuación por lavado, en la cual se clasifica la pulpa (eliminando nudos y restos de madera) y lavan los químicos de cocción de lignina residual y por último por blanqueo donde mediante el uso de dióxido de cloro en varias etapas se remueve la última fracción de lignina residual y se procede al blanqueo de la pulpa.

- **Máquina:** La pulpa blanqueada diluida en agua se transporta al área de secado, hasta un equipo llamado Fourdrinier, donde se procede a formar la hoja de celulosa. Luego se seca, enfría y corta en hojas más pequeñas que se apilan, se prensan y enfardan para su despacho a los clientes.
- **Área química:** Se recepciona, almacena y distribuyen los reactivos químicos, su principal proceso es la generación de dióxido de cloro.

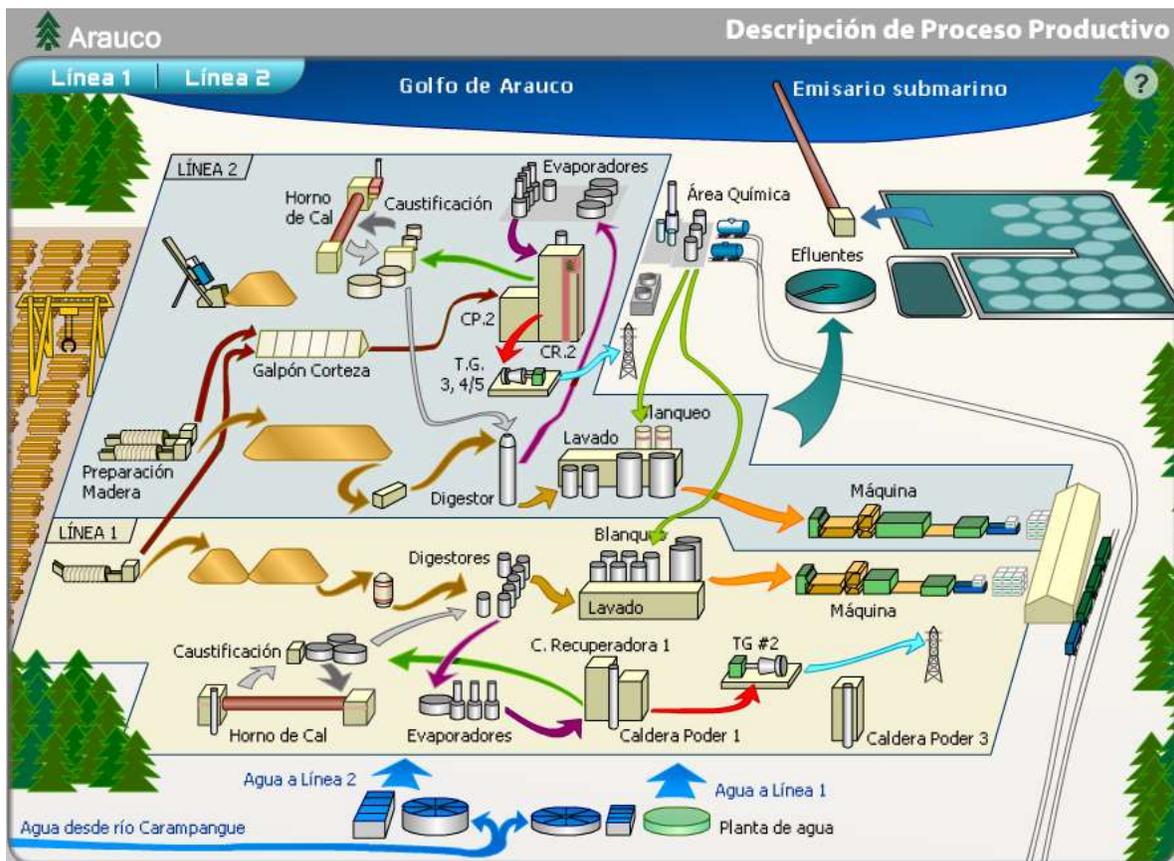


Ilustración 2.2 Vista general Celulosa Planta Arauco (fuente www.arauco.cl)

En esta última área de proceso realizaremos nuestro estudio (línea 1), es por ello que se detalla el proceso de la generación de dióxido de cloro (ClO_2).

Por lo tanto los principales equipos de la generación de ClO₂ son:

- Bombas de proceso
- Reductores
- Estanques
- Ventiladores
- Motores eléctricos
- Inyectores
- Ducha emergencia
- Filtros
- Instrumentos
- Equipos de proceso
- Válvulas automáticas
- Intercambiadores de calor
- Ventiladores

2.5. PROCESO DE MANTENIMIENTO

2.5.1. ETAPAS DEL PROCESO DE MANTENCIÓN

El proceso Mantenimiento aplicable a las plantas de Celulosa Arauco define responsabilidades y actividades con el objetivo de mantener y otorgar confiabilidad mejorando permanentemente el desempeño de los equipos, en sus respectivas áreas productivas.

El personal que participa en las distintas etapas del proceso son las siguientes:

- Superintendente del Área.
- Jefes de operaciones
- Ingenieros de procesos
- Operadores
- Volantes
- Superintendentes de mantencion.
- Jefe de mantenimiento especialidad
- Supervisor o líder de especialidad
- Técnicos de especialidad
- Planificador
- Programador
- Jefe de contratos
- Jefe de abastecimiento o bodega

El proceso de mantenimiento está definido en las siguientes etapas:

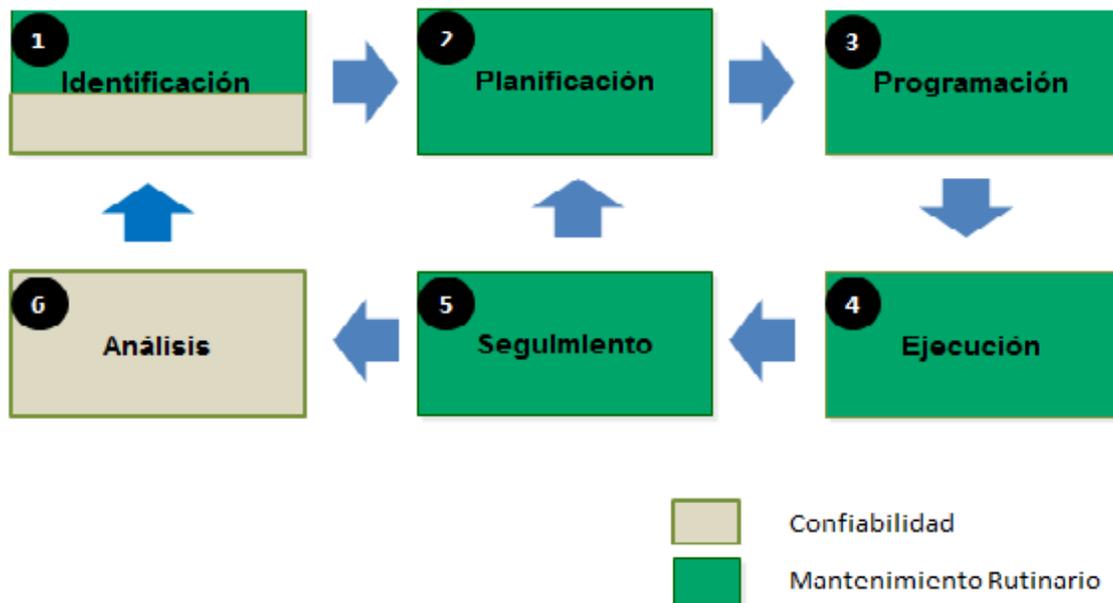


Ilustración 2.4 Etapas del proceso de mantenimiento (archivos personales)

IDENTIFICACIÓN

Revisión de los síntomas detectados, a través de un aviso de avería en SAP a una determinada UT; notificar la necesidad de realizar un determinado trabajo de mantenimiento, escribir claramente la naturaleza del problema, priorizar según criterio técnico y de riesgo. Seleccionar y priorizar trabajos con base con base en el riesgo, acordar fecha límite de culminación. En la priorización de ejecución considerar los criterios de criticidad en base a riesgo e Incorporar información relacionada (ET, SP, informes de inspección, registros fotográficos, planos, repuestos sugeridos, tiempos estimados, etc.).

Cada UT tiene asociado o asignado el tipo de equipo, puesto de trabajo responsable. Por lo tanto cuando se genera un aviso a una UT, se crea una necesidad al puesto de trabajo responsable, a quien se le entrega como información fundamental el síntoma, para que este pueda dar Aceptación para dar el pase a la Orden, o se rechaza, se anula el Aviso.

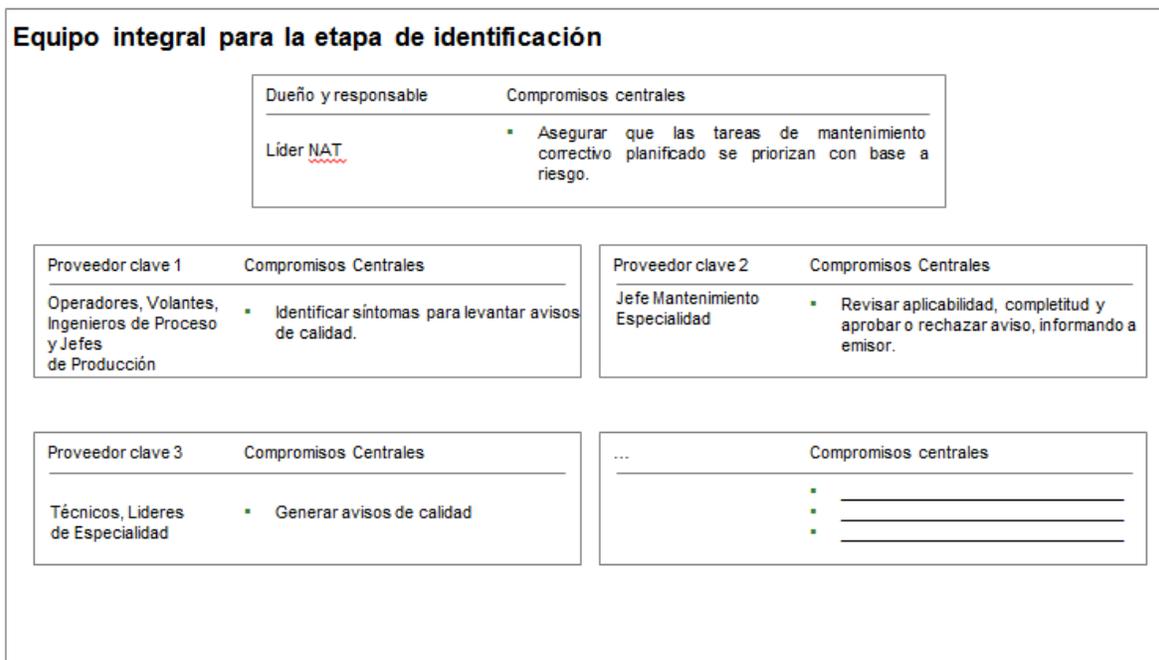


Ilustración 2.5 Equipo para la identificación de problemas

PLANIFICACIÓN

Si el aviso fue aprobado, corresponde Planificar la Orden, detallando las actividades a realizar para ejecutar trabajos.

Asegurar que se cuenta con todos los recursos necesarios para desarrollar los trabajos; corresponde la planificación de la Orden, revisar secuencia optima de actividades, realizar el análisis de seguridad, designación recursos y especialistas internos y/o externos, materiales, repuestos, oportunidad de ejecución, planos necesarios, catálogos técnicos, pautas de trabajo, etc.

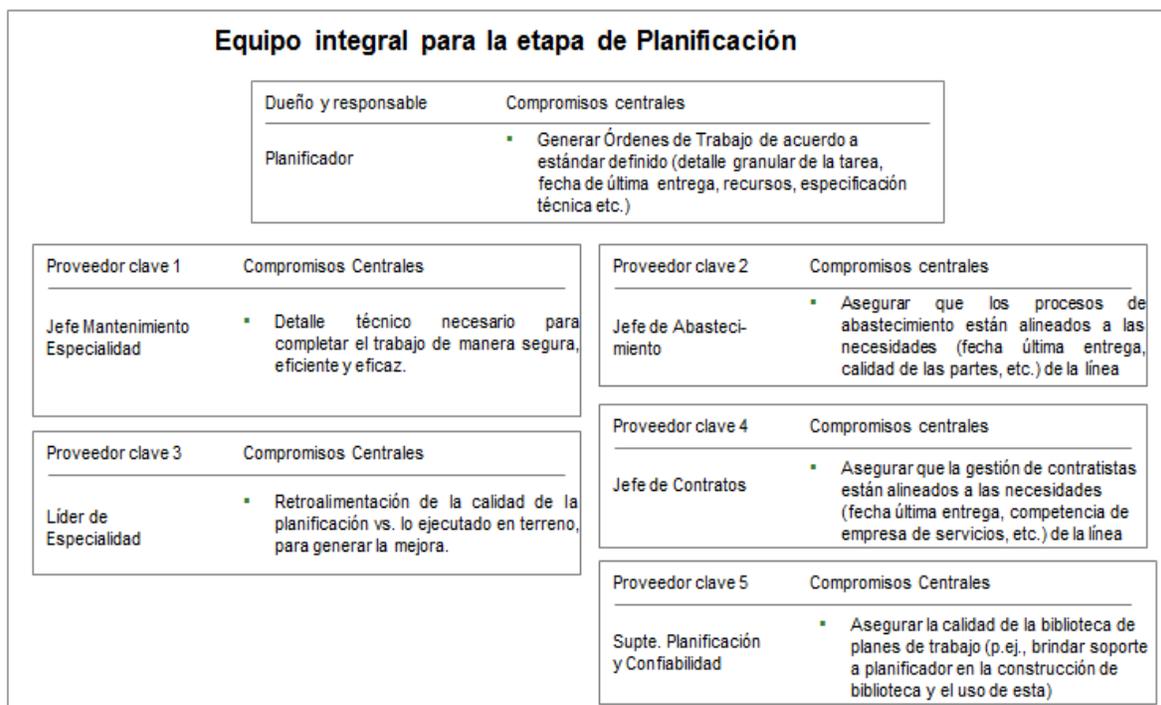


Ilustración 2.6 Equipo para la planificación de las actividades de mantención

PROGRAMACIÓN

Programar con un horizonte de 3 a 4 semanas las tareas a realizar o bien para realizar en una detención de área o detención de planta. Debe existir una ligada comunicación con producción para establecer esta información de acuerdo a la disponibilidad de los equipos.

Confirmar la disponibilidad de recursos, calendarizar órdenes de trabajo planeadas según la priorización definida, acordar programa de la semana siguiente, gestionar kits de materiales y repuestos a terreno, verificar las condiciones en terreno y anticipar actividades previas.

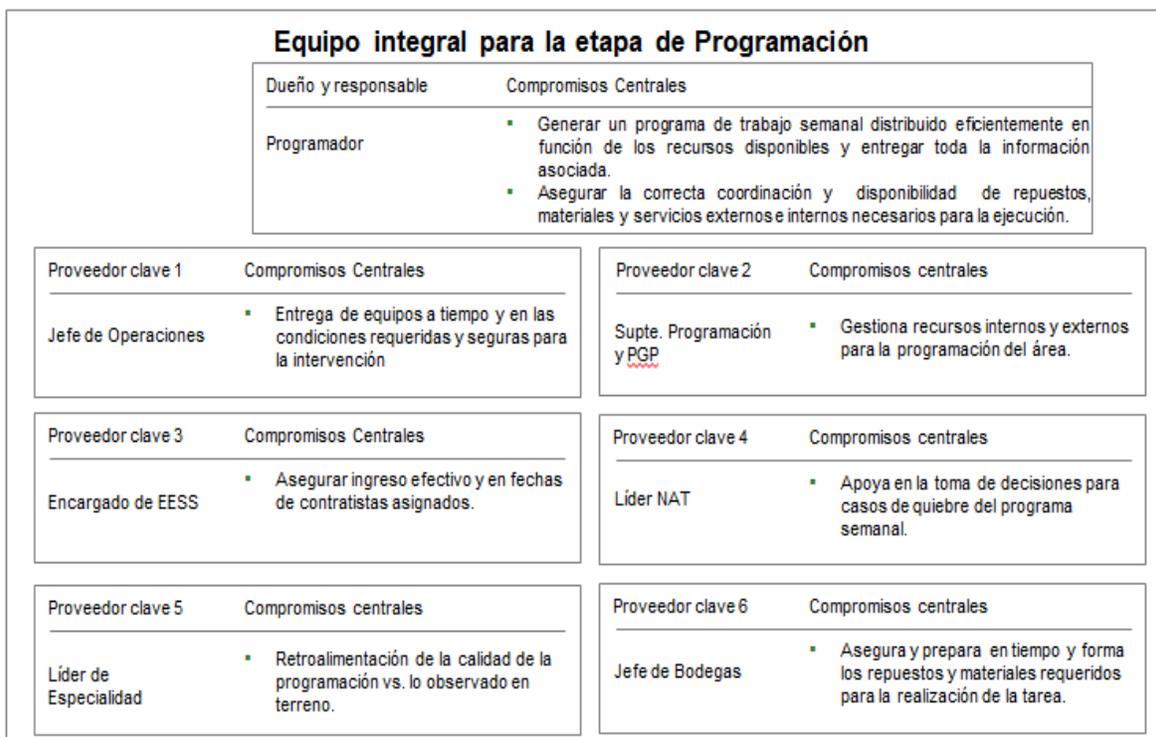


Ilustración 2.7 Equipo para la programación de las actividades de mantención

EJECUCIÓN

El supervisor de la especialidad, deberá realizar una coordinación diaria con su equipo de trabajo con el fin de proporcionar instructivos y estándares de las actividades, considerando además las herramientas de seguridad de las personas e impacto al medio ambiente.

Corresponde ejecutar las tareas programadas en el tiempo definido y con los recursos establecidos. Una vez ejecutado el Supervisor deberá notificar la orden según lo ejecutado y levantar las desviaciones sobre lo planificado. Revisar diariamente y tener claridad con el desempeño del programa de trabajo, Re-priorizar trabajos en caso de atrasos, desviaciones en los tiempos de entrega o de mantención u ocurrencia de emergencias.

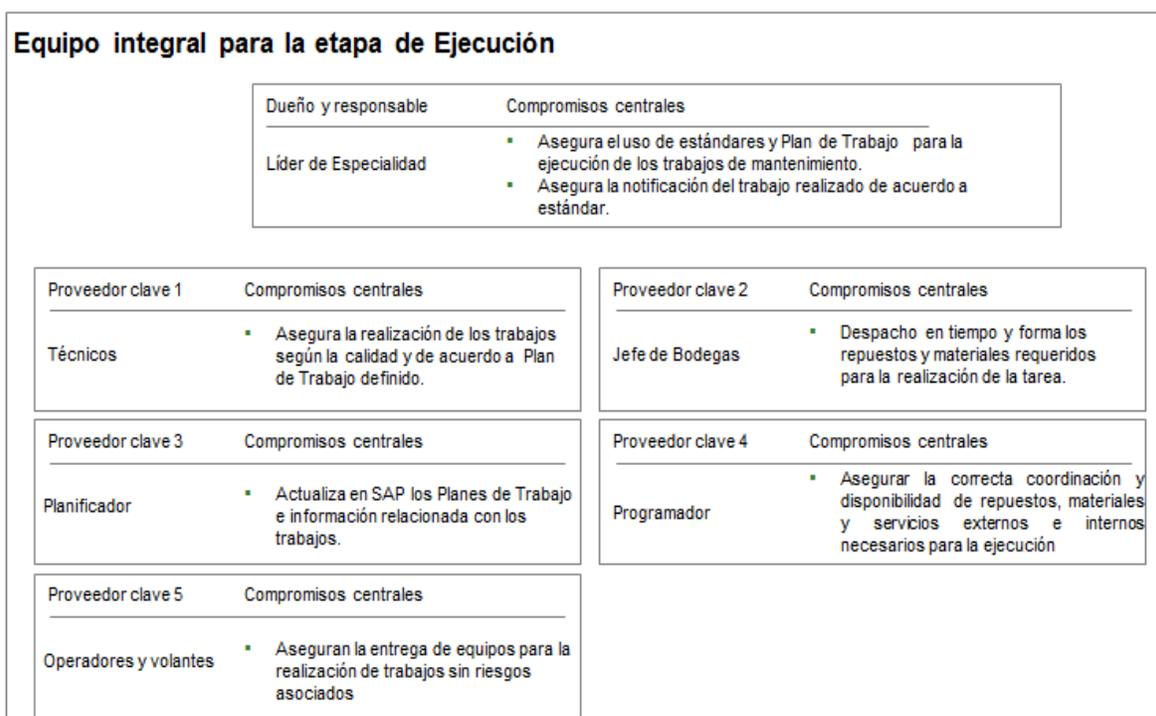


Ilustración 2.8 Equipo para la ejecución de las actividades de mantención

SEGUIMIENTO

Se debe realizar un seguimiento a la calidad de la planificación, programación y ejecución. Identificar brechas técnicas y de gestión de las actividades realizadas. Cierre del Ciclo de Avería. Analizar KPI's de evaluación de desempeño, entregar retro-alimentación al sistema y proponer mejoras. Se debe estudiar los siguientes indicadores para aplicar cambios en la estrategia de mantenimiento de un área:

- Cumplimiento del programa.
- Distribución y cumplimiento de las HH en las actividades.
- Ordenes en el pasado.
- Reprogramaciones
- Revisión del contenido de los planes preventivos
- Nuevos avisos de avería y priorizaciones.
- Control y densidad de las órdenes de trabajo generadas.

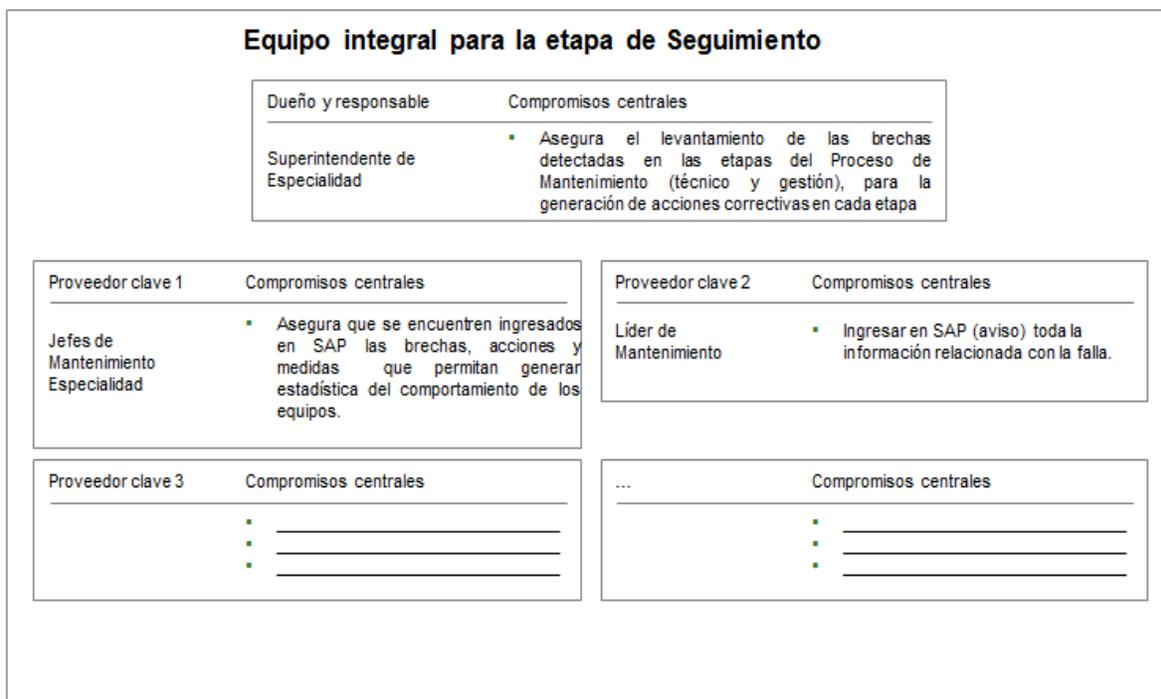


Ilustración 2.9 Equipo para el seguimiento de las tareas de mantención

ANÁLISIS

Análisis de brechas, acciones de mejoras y poblamiento de información en SAP. El análisis profundiza en temas vinculados a la producción y su impacto y en el cumplimiento de las actividades de mantenimiento, con el objetivo de definir acciones de mejora necesaria orientadas a:

- Acciones mejorativas orientadas a evitar la ocurrencia de la causa de raíz del problema identificado.
- Acciones preventivas de corto plazo para evitar ocurrencia de eventos.
- Acciones correctivas a corto plazo para normalizar el proceso productivo.
- Acciones administrativas aplicables al cierre de brechas técnicas o de competencias del personal.

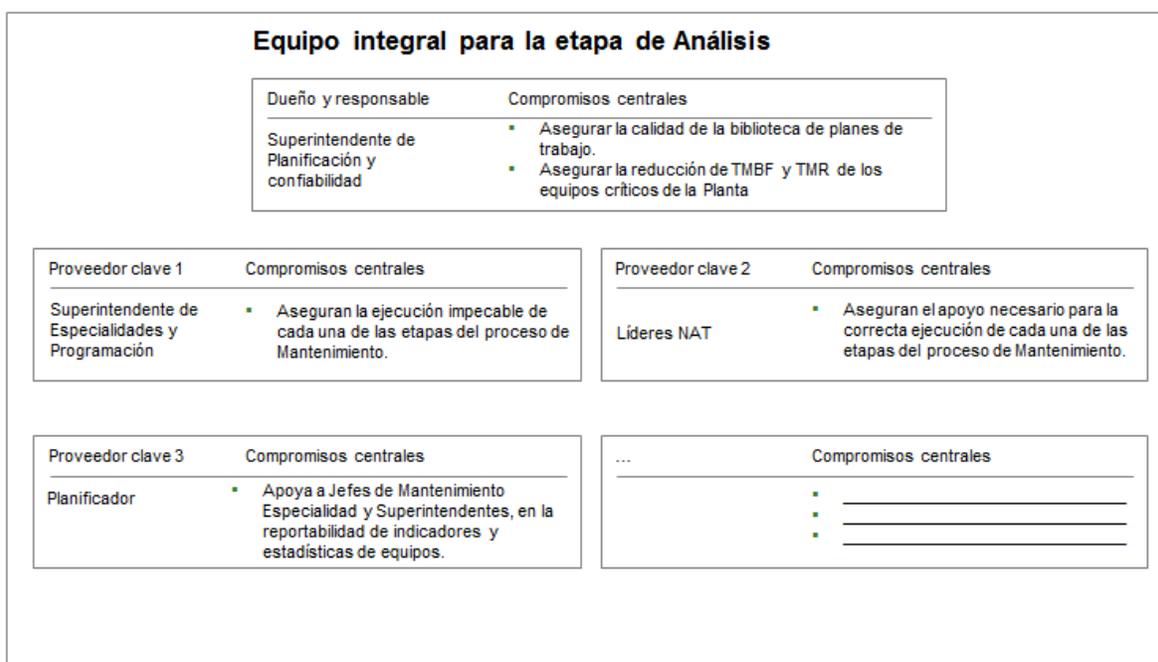


Ilustración 2.10 Equipo para el análisis y retroalimentación

Nota: fuente archivos propios de Celulosa Arauco, planta Arauco.

3. CAPITULO III: DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORA

El análisis de criticidad permite generar beneficios económicos sustentables en el tiempo, en base al aumento de confiabilidad y disponibilidad de la planta mediante la asignación correcta de recursos y en la cantidad necesaria.

El análisis de criticidad se inserta dentro de los primeros desarrollos para establecer una completa y fundamentada estrategia de mantenimiento dentro de una planta industrial. Iniciativas de este tipo se recomiendan bajo normas como IEC 60812, Z-008, entre otras. Sin embargo, ninguna define completamente un marco metodológico por lo que existen Análisis de Criticidad de solo horas de duración como otros de meses, según la rigurosidad que se desee lograr. Independiente lo anterior el marco conceptual base para un Análisis de Criticidad es el que se señala a continuación, donde también es decisión del Cliente los parámetros que se deseen evaluar.

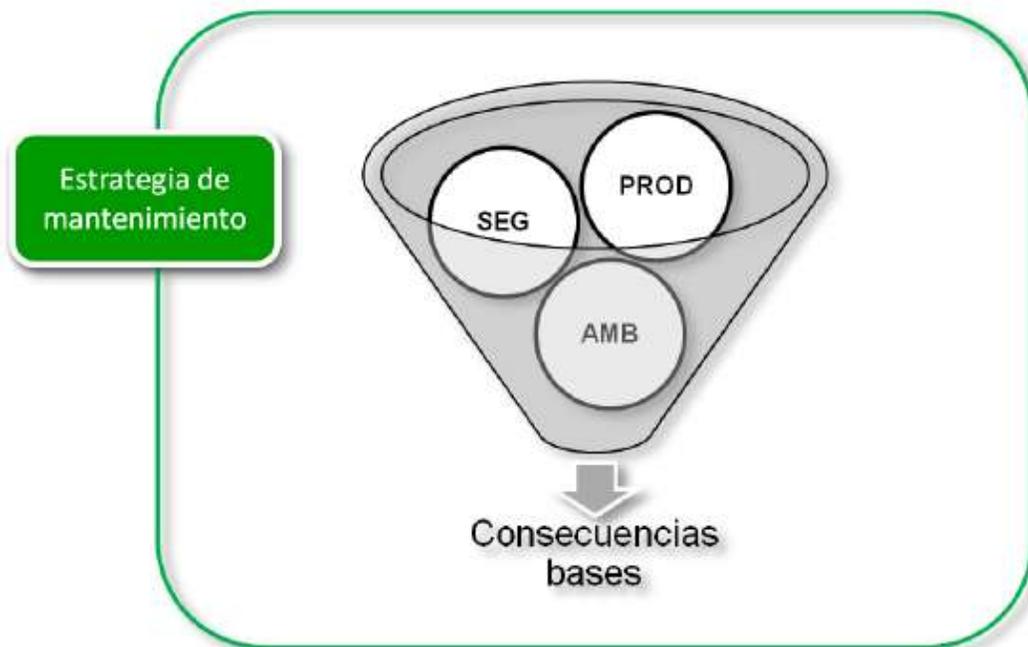


Ilustración 3.11 Parámetros para confección de una Estrategia de Mantenimiento

Luego se puede evaluar el impacto de la estrategia de mantenimiento en la planta, donde además en algunos casos se agrega un parámetro de “Detectabilidad” que ayuda a evaluar la mantenibilidad en los equipos objeto de revisión.

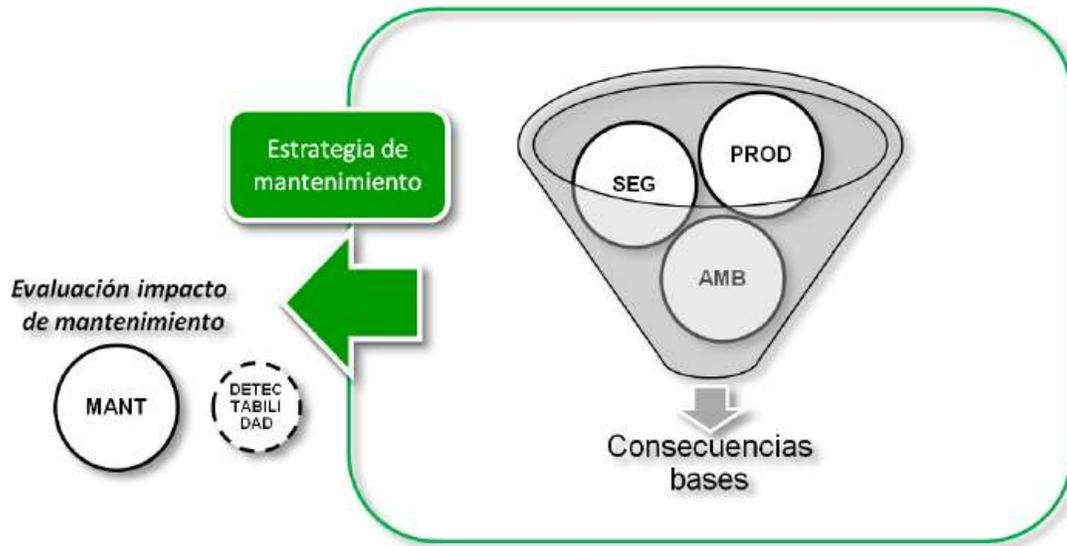


Ilustración 3.12 Parámetro adicional de impacto en Mantenimiento dentro de una planta.

Por último, a lo anterior es posible evaluarlo en una escala de tiempo con data de cómo los equipos se comportan tras la estrategia de mantenimiento completa y a la mantenibilidad presente en la planta.

3.1. USO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD

- Priorizar equipos para el desarrollo de estrategias de mantenimiento mediante metodologías definidas por Arauco.
- Criterio de priorización de trabajos antes restricción de recursos.
- Primer paso para definir componentes y repuestos críticos.
- Definición de prioridades.
- Estandarizar el criterio de criticidad en las Plantas de Celulosa.

3.2. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo se dividió en 4 etapas:

- Levantamiento de la Información o también llamada “Trabajos Base”, ya que consiste principalmente en la preparación, definición, coordinación entre las partes.
- Desarrollo de Diagramas Lógicos de Proceso (DLP) el cual se desarrolló con personal de operaciones en donde se analizaron todas las áreas de la planta.
- Realización de talleres lo cual consiste en un trabajo con personal de superintendencia, jefaturas de áreas, operadores y mantenedores de la planta, además se cuenta con la participación de gerencia MASSO.
- Análisis, procesamiento y revisión de los resultados de criticidad.

Beneficios:

- Se Identificará cuáles son los pasos a seguir para poder disminuir los costos de mantenimiento de la planta.
- Logrará dar el primer paso en la administración del riesgo.
- Ayuda a la toma de decisiones.
- Invertirá recursos y esfuerzos en forma óptima para tener los ahorros en la forma más rápida y demostrable posible.
- Optimizará la relación costo/beneficio de la inversión realizada.
- Podrá justificar proyectos de mejora continua.
- Primer paso para definir componentes y repuestos críticos.
- Mejorará la confiabilidad y disponibilidad del área.

Entregables para la empresa:

- Listado de equipos críticos.
- Informe con gráficas de resultados de análisis.

- Planilla resultados en formato digital Excel.
- Planilla digital de carga a SAP de agrupación final de criticidad.

En definiciones con personal del departamento de mantenimiento se establece los datos requeridos para establecer el análisis de confiabilidad, estos datos quedan expresados a continuación.

Tabla 3.1 Datos requeridos

Evaluación	Datos requeridos
Consecuencia	Configuración del proceso y experiencia de operadores y mantenedores
Probabilidad	Registro de fallas en SAP y experiencia

3.2.1. CÁLCULO DEL (HIO) ÍNDICE DE IMPACTO EN OPERACIONES

Para obtener este índice, se desarrollan 3 talleres a diferentes niveles con distintas miradas pero con el mismo criterio de la evaluación del Impacto.

Los talleres aplicados son los siguientes:

- Taller FA (Superintendencia)
- Taller FS (Jefes de área operaciones)
- Taller FSUT (Operadores y mantenedores)

Taller FA (Superintendentes)

Se evalúa el impacto a la producción de la planta con los superintendentes de operaciones, que provoca el área en una eventual detención de esta, respecto a otras vinculadas.

Tabla 3.2 Criterios de Impacto de las Áreas de la Planta

FA	Descripción	Impacto (restricciones o detenciones)
A	Área con una velocidad de producción muy baja y sin pulmón (estanque de acumulación o pila).	La detención del área produce una detención total e instantánea o dentro de 2 horas en la producción de la planta (Celulosa o Energía eléctrica).
B	Área con una velocidad de producción baja o con pulmón solo de regulación de proceso (estanque de regulador).	La detención de 2 a 6 horas del área produce una detención de producción de planta.
C	Área con una velocidad de producción media o con pulmón de mediano tamaño (estanque de regulador).	La detención de 6 a 12 horas del área produce una detención de producción de planta.
D	Área con alta velocidad de producción o con un pulmón grande	La detención de 12 a 24 horas del área produce una detención de producción de planta.
E	El área tiene influencia baja en la producción ya que tiene alta velocidad productiva y gran estanque de acumulación.	La detención de más de 24 horas produce una detención, demora o restricción de producción.

Taller FS (Jefes de área operaciones)

Se Identifica en área todos los sistemas que componen el área y asignar el impacto a la producción que provoca la caída del sistema.

Tabla 3.3 Criterios de Impacto de los Sub Sistemas del Área

FS	Descripción	Impacto
A	Sistema simple sin posibilidad de By-Pass ni acumular producción	La detención del sistema deja el área fuera de forma instantánea y en un 100%
B	Sistema con estanque o pila de acumulación o con respaldo parcial	La detención de 2 a 6 horas del sistema produce una detención de producción del área. La detención del sistema produce una restricción instantánea en la producción del área en al menos 75%.
C	Sistema con estanque o pila de acumulación o con respaldo parcial	La detención de 6 a 12 horas del sistema produce una detención de producción del área. La detención del sistema produce una restricción instantánea en la producción del área en al menos 50%.
D	Sistema con estanque o pila de acumulación o con respaldo parcial	La detención de 12 a 24 horas del sistema produce una detención de producción del área. La detención del sistema produce una restricción instantánea en la producción del área en al menos 25%.
E	Sistema con Respaldo mayor o igual que el 100% de redundancia o con estanque de acumulación que permite gran autonomía	Mantiene la capacidad de producción normal del área.

Taller FSUT (Operadores y mantenedores)

Aporte una revisión rigurosa de cada una las ubicaciones técnicas que componen los distintos sistemas del área, se asigna el impacto en el sistema que provoca el equipo ante una detención.

Tabla 3.4 Criterios de Impacto de las Ubicaciones Técnicas de cada Sub Sistema del Área

FSUT	Descripción	Impacto
A	Equipo simple sin posibilidad de respaldo ni acumular producción	La detención del Equipo deja el sistema fuera de forma instantánea y en un 100%
B	Equipo con estanque o pila de acumulación o con respaldo parcial	La detención de 2 a 6 horas del Equipo produce una detención de producción del sistema. La detención del Equipo produce una restricción instantánea en la producción del sistema en al menos 75%.
C	Equipo con estanque o pila de acumulación o con respaldo parcial	La detención de 6 a 12 horas del Equipo produce una detención de producción del sistema. La detención del Equipo produce una restricción instantánea en la producción del sistema en al menos 50%.
D	Equipo con estanque o pila de acumulación o con respaldo parcial	La detención de 12 a 24 horas del Equipo produce una detención de producción del sistema. La detención del Equipo produce una restricción instantánea en la producción del sistema en al menos 25%.
E	Equipo con Respaldo mayor o igual que el 100% de redundancia o con estanque de acumulación que permite gran autonomía	Mantiene la capacidad de producción normal del sistema.

Obtención del IIO

La valoración final del “IIO” es numérica (del 1 al 5), siendo el 5 el nivel más severo. Estos niveles numéricos se obtienen de la combinación de “FSUT”, “FS” y “FA” en la matriz de códigos de impacto. La definición de los niveles “IIO” son las siguientes:

Tabla 3.5 Valorización del Impacto (IIO), de acuerdo al código de impacto

Códigos de Impactos					Valor de IIO				
I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
AAA	AAB	AAC	AAD	AAE	5	5	4	3	1
ABA	ABB	ABC	ABD	ABE	5	4	4	3	1
ACA	ACB	ACC	ACD	ACE	4	4	4	3	1
ADA	ADB	ADC	ADD	ADE	2	2	2	2	1
AEA	AEB	AEC	AED	AEE	1	1	1	1	1
BAA	BAB	BAC	BAD	BAE	5	4	4	3	1
BBA	BBB	BBC	BBD	BBE	4	4	4	3	1
BCA	BCB	BCC	BCD	BCE	4	4	3	3	1
BDA	BDB	BDC	BDD	BDE	3	3	3	2	1
BEA	BEB	BEC	BED	BEE	1	1	1	1	1
CAA	CAB	CAC	CAD	CAE	4	4	3	2	1
CBA	CBB	CBC	CBD	CBE	4	4	3	2	1
CCA	CCB	CCC	CCD	CCE	3	3	2	2	1
CDA	CDB	CDC	CDD	CDE	2	2	2	2	1
CEA	CEB	CEC	CED	CEE	1	1	1	1	1
DAA	DAB	DAC	DAD	DAE	4	3	2	2	1
DBA	DBB	DBC	DBD	DBE	3	3	2	2	1
DCA	DCB	DCC	DCD	DCE	2	2	2	2	1
DDA	ddb	DDC	DDD	DDE	2	2	2	2	1
DEA	DEB	DEC	DED	DEE	1	1	1	1	1
EAA	EAB	EAC	EAD	EAE	1	1	1	1	1
EBA	EBB	EBC	EBD	EBE	1	1	1	1	1
ECA	ECB	ECC	ECD	ECE	1	1	1	1	1
EDA	EDB	EDC	EDD	EDE	1	1	1	1	1
EEA	EEB	EEC	EED	EEE	1	1	1	1	1
Descripción del IIO									
5	Impacto Máximo								
4	Impacto Alto								
3	Impacto Medio								
2	Impacto Bajo								
1	Impacto Muy Bajo								

3.2.2. CÁLCULO DEL (IISM) ÍNDICE DE IMPACTO EN SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Se identifica el impacto que provocan los equipos a las personas y al medio ambiente, en este parámetro se evalúa el impacto que provocaría si estos equipos no estuvieran o dejaran de cumplir su función principal. El IISM se obtiene en dos parámetros:

Parámetro IIP

Evalúa el impacto que ejercen los equipos si estos dejan de cumplir su función principal, hay que considerar que solo serán evaluados aquellos equipos que su función principal sea proteger a las personas o al medio ambiente, además de aquellos equipos que estén ligados al cumplimiento legal, comunidad y autoridad. Sus niveles y criterios son:

Tabla 3.6 Criterios de (IIP)

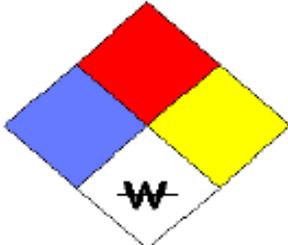
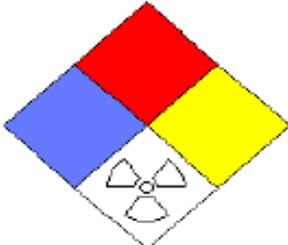
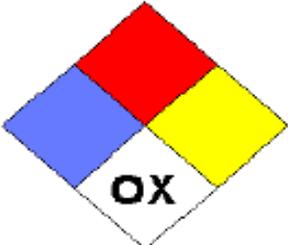
	IIP	Protección personas	Medio Ambiente	Legal	Público/Autoridades	Comunidad
N I V E L D E G R A V E D A R E A L	1	No requiere tratamiento médico, Accidente STP	No se provoca una alteración o daño visible al medio ambiente con respecto a la condición original	Potenciales implicancias legales de bajo nivel, asociada a gestión defectuosa más que a la excedencia de alguna normativa legal. Improbables amonestaciones	Implicancia pública, pero restringida al área local.	Daño de carácter inter empresa, sin extrapolarse al exterior
	2	No requiere tratamiento médico, Accidente STP	Se provoca una alteración que no implica la pérdida de funcionalidad del medio ambiente o de alguno de sus componentes.	Potenciales implicancias legales menores, asociada a gestión defectuosa más que a la excedencia de alguna normativa legal. Puede generar amonestaciones.	Reacción adversa menor y puntual, restringido al área cercana a la planta y es de conocimiento público.	Daño leve, reparable y de baja significación en torno a la planta.
	3	Incapacidad permanente parcial, entre un 15% y un 37,5% y grave según circular 2345 dónde define accidente del trabajo grave como, cualquier accidente que: Obligue a realizar maniobras de reanimación, u Obligue a realizar maniobras de rescate, u Ocurra por caída de altura de más de 2 m, o Provoque en forma inmediata, la amputación o pérdida de cualquier parte del cuerpo.	Se provoca una alteración que implica la pérdida parcial de la funcionalidad del medio ambiente o de uno de sus componentes (alteraciones en la conducta de especies, contaminación local de agua y suelo, etc.).	Hay implicancias legales por incumplimientos de normas o compromisos vigentes. Posible multa moderada	Interés de los medios en aumento, con reacciones adversas regional e involucramiento de ente gubernamental.	Genera impacto moderado, la mayor parte del daño es reparable en el mediano plazo en zona cercana a la planta.
	4	Una fatalidad o incapacidad permanente (> 40%. Por ejemplo: Pérdidas de ambas manos o amputación de ellas en niveles altos, Amputación a través de la articulación del hombro, Anquilosis del hombro como omóplato fijo, Anquilosis del hombro como omóplato libre, Amputación bajo el hombro con muñón a menos con)	Se provoca una alteración que lleva a la pérdida parcial o total de funcionalidad del medio ambiente o de uno de sus componentes, y puede tener carácter irreversible (mortandad focalizada de especies, pérdida de las capacidades naturales de depuración del medio ambiente, etc.)	Infraacción seria a la ley, con investigación y juicio por parte de la autoridad. Con multa potencialmente mayor	Cobertura y oposición de los medios con opinión pública a nivel nacional con la atención con entes gubernamentales y la ONG.	Daños significativos con serias consecuencias con 50 % porcentaje de recuperación del daño. Alteración a la calidad de vida pero que es posible mitigar, con alcance en comunidad cercana a la planta.
	5	Múltiples fatalidades o múltiples incapacidades permanentes	Se provoca una alteración que lleva a la pérdida total de funcionalidad del medio ambiente o de uno de sus componentes, y es irreversible	Infraacción mayor a la ley, con investigación y juicio importante por parte de la autoridad. Con posible pérdida total o parcial de la licencia de operación.	Será protestas de la comunidad y/o involucramiento de entes gubernamentales con atención de medios internacionales.	Sucesos muy serios con daños irreparables que afecta directamente a la comunidad

Parámetro IITE

Está relacionado directamente con la norma NFPA, de acuerdo al tipo de fluido que los equipos contienen, se evalúa en conjunto con Prevención de planta, al valor de impacto que varía entre (0 – 4) se le suma 1 y, así se ingresa a la matriz en forma directa.

Sus criterios y grados son:

Tabla 3.7 Criterios de (IITE)

CODIGO DE IDENTIFICACION DEL PELIGRO		
<p>CODIGO DE RIESGO CONTRA LA SALUD</p> <p>0 Como material corriente.</p> <p>1 Ligeramente peligroso.</p> <p>2 Peligroso. Utilizar aparato para respirar.</p> <p>3 Extremadamente peligroso. Usar vestimenta totalmente protectoras.</p> <p>4 Demasiado peligroso que penetre vapor o liquido.</p>	<p>CODIGO RIESGO DE INFLAMABILIDAD</p> <p>0 Materiales que no arden</p> <p>1 Deben precalentarse para arder.</p> <p>2 Entra en ignición al calentarse moderadamente.</p> <p>3 Entra en ignición a temperaturas normales.</p> <p>4 Extremadamente inflamable.</p>	
<p>CODIGO RIESGO DE REACTIVIDAD</p> <p>0 Estable totalmente</p> <p>1 Inestable si se calienta. Tome precauciones normales.</p> <p>2 Posibilidad de cambio químico violento. Utilice mangueras a distancia.</p> <p>3 Puede detonar por fuerte golpe o calor. Utilice monitores detrás de las barreras resistentes a la explosión.</p> <p>4 Puede detonar. Evacue la zona si los materiales están expuestos al fuego.</p>	<p>CODIGO RIESGO INFORMACION ESPECIAL</p> <p>0 W no se utiliza con reactividad 0</p> <p>1 Los materiales pueden reaccionar al contacto con el agua.</p> <p>2 Los materiales reaccionan de forma violenta en contacto con el agua</p> <p>3 Los materiales explotan al contacto con el agua.</p> <p>4 W no se utiliza con el riesgo de reactividad 4.</p>	
 <p>EVITE LA UTILIZACION DE AGUA</p>	 <p>RADIOACTIVO</p>	 <p>OXIDANTE</p>

3.2.3. ÍNDICE DE CRITICIDAD A TRAVÉS DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD

Una vez realizado y obtenidos los impactos de IIO e IISM podemos calcular la criticidad de cada ubicación técnica, para lograr calcular la criticidad se debe ingresar a la matriz de cálculo de criticidad, la cual queda expresada a continuación:

Tabla 3.8 Matriz de Criticidad

INDICE DE IMPACTO DE OPERACIONES (IIO)	INDICE DE IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (IISM)				
	5	4	3	2	1
5	55	54	53	52	51
4	45	44	43	42	41
3	35	34	33	32	31
2	25	24	23	22	21
1	15	14	13	12	11

3.2.4. DETERMINACIÓN DE CRITICIDAD EN LOS EQUIPOS

Se arrojan los resultados de los talleres o reuniones realizadas:

Taller FA

Desarrollada para la determinación de equipos críticos de Línea 2, de planta Arauco; tenemos como referencia que nuestra área de evaluación, es un área de nivel “C” (Área con una velocidad de producción media o con pulmón de mediano tamaño - La detención de 6 a 12 horas del área produce una detención de la producción de planta).

Tabla 3.9 Cuadro Resumen Taller FA

DETERMINACION "FA" PLANTA ARAUCO				
A	B	C	D	E
Área de Bocatoma L2	Área de Blanqueo de Línea II	Área de preparación y Manejo Químico	Área de Hornos de Cal L2	Área de Red de Incendio L2
Área de Planta de Agua L2	Área de Evaporadores de Línea II	Área de Trat. Efluentes L2		Área de Maestranza
Área de Preparación Maderas	Área de Caustificación L2			Área recepción y almacén. de madera
Área de Digestor de Línea 2	Área de Preparación Pasta Línea II			Incineración
Área de Lavado	Área de Máquina línea de Pulpa			Área de Cloro y Soda Cáustica
Área de Caldera Recuperadora de Línea II	Área de Líneas Finales			Área de Sistema de Petróleo de Línea II
Área de Alimentación agua calderas L2				
Área de Caldera de Poder Línea II				
Área de TurboGenerador L2				
Área de TURBINAS #4 Y #5 L2				
Área de Distribución de Energía L2				

Taller FS

Blanqueo y Planta Química; Líder de producción del área de planta química evaluó los sistemas pertenecientes a las áreas de Blanqueo, de Cloro y Soda Cáustica y área de preparación y Manejo Químico. Sr. Felipe Poblete.

Tabla 3.10 Cuadro Resumen Taller FS

Sistema (SAP)	Descripción del Sistema	FS
CA01-056-090	Sistema DCS A Química L1	A
CA01-056-CBB	Sistema Planta de Agua L1	E
CA01-056-CBD	Sistema red agua contra incendio	E
CA01-056-GCI	Sistema de Servicios	C
CA01-056-GCJ	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	A
CA01-056-GCL	Sistema Auxiliar	E
CA01-056-HCI	Sistema peróxido hidrógeno	B

Taller FSUT

Destacar disponibilidad personal de operaciones y mantención que colaboro en la revisión Operador área química: Omar Aravena, Mantenedor mecánico: René Fritz.

Tabla 3.11 Cuadro Resumen Taller FSUT

Sistema (SAP)	Descripción del Sistema	FS
CA01-056-090	Sistema DCS A Química L1	19
CA01-056-CBB	Sistema Planta de Agua L1	01
CA01-056-CBD	Sistema red agua contra incendio	05
CA01-056-GCI	Sistema de Servicios	11
CA01-056-GCJ	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	243
CA01-056-GCL	Sistema Auxiliar	02
CA01-056-HCI	Sistema peróxido hidrógeno	05

La categoría asignada por el grupo de trabajo para cada una de las 286 UT, determinado en este taller FSUT, se indica en la planilla de cálculo de criticidad del archivo Excel adjunto; así tenemos el Valor FA “C” para toda el área química y el respectivo valor de FS para cada subsistema; y finalmente se obtiene los respectivos valores de (IIO), de acuerdo a las diferentes combinaciones alfabéticas que se forman en los códigos de Impacto.

Tabla 3.12 Resumen en “C” Valorización del Impacto (IIO), de acuerdo al código de impacto

Códigos de Impactos					Valor de IIO				
I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
CAA	CAB	CAC	CAD	CAE	4	4	3	2	1
CBA	CBB	CBC	CBD	CBE	4	4	3	2	1
CCA	CCB	CCC	CCD	CCE	3	3	2	2	1
CDA	CDB	CDC	CDD	CDE	2	2	2	2	1
CEA	CEB	CEC	CED	CEE	1	1	1	1	1

Por ejemplo (esta tabla se adjunta como anexo 1)

Tabla 3.13 Calculo de Criticidad. Determinación del (IIO)

Item	Cod. Area	FA	Nombre Sistemas	Cod. Sistemas	FS	Equipos	UT	FSUT	Cod. Impacto	IIO
1	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-090	A	Gabinete Cntrl. AQuímica L1	CA01-056-090-C5C001-C5C001	A	CAA	4
2	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-090	A	Controlador AQuímica L1	CA01-056-090-C5C001-CTL001	A	CAA	4
3	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-090	A	Estación Mantenición L1 SRack AQuímica L2	CA01-056-090-MWS001-MWS001	A	CAA	4
4	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-090	A	Red Primaria L1 Sala de Rack Licor L2	CA01-056-090-NJR001-PRI	A	CAA	4
5	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-090	A	Red Secundaria L1 Sala de Rack Licor L2	CA01-056-090-NJR001-SEC	A	CAA	4
6	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-090	A	Red Primaria L1 Sala Rack AQuímica L2	CA01-056-090-NJR003-PRI	A	CAA	4
7	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-090	A	Red Secundaria L1 Sala Rack AQuímica L2	CA01-056-090-NJR003-SEC	A	CAA	4
8	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-090	A	Estación Operación N°1 AQuímica L1	CA01-056-090-OPS001-OPS001	A	CAA	4
9	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-090	A	Estación Operación N°2 AQuímica L1	CA01-056-090-OPS002-OPS002	A	CAA	4
10	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-90	A	CAJA IO PROFIBUS 056-P001-CD05-C QUIM L1	CA01-056-90-SC001-36CD05C	A	CAA	4
11	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-90	A	CAJA IO PROFIBUS 056-P001-CG01-A QUIM L1	CA01-056-90-SC001-36CG01A	A	CAA	4
12	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-90	A	CAJA IO PROFIBUS 056-P001-CG02-B QUIM L1	CA01-056-90-SC001-36CG02B	A	CAA	4
13	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-90	A	CAJA IO PROFIBUS 056-P002-CG03-A QUIM L1	CA01-056-90-SC001-36CG03A	A	CAA	4
14	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-90	A	CAJA IO PROFIBUS 056-P002-CG04-B	CA01-056-90-SC001-36CG04B	A	CAA	4
15	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-90	A	SEGMENTO PROFIBUS 056-P001	CA01-056-90-SC001-36P001	A	CAA	4
16	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-90	A	SEGMENTO PROFIBUS 056-P002	CA01-056-90-SC001-36P002	A	CAA	4
17	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-90	A	SEGMENTO PROFIBUS 056-P101	CA01-056-90-SC001-36P101	A	CAA	4
18	CA01-056	C	Sistema DCS AQuímica L1	CA01-056-90	A	SEGMENTO PROFIBUS 056-P102	CA01-056-90-SC001-36P102	A	CAA	4

Taller IIP

Se tiene una cantidad de 286 ubicaciones técnicas a evaluar, relacionadas directamente a la protección del personal o medio ambiente.

Tabla 3.14 Calculo de Criticidad. Determinación del (IIP)

Item	Cod. Area	Nombre Sistemas	Cod. Sistemas	Equipos	UT	IIP (S)	IIP (MA)	IIP (I)	IIP (A)	IIP (C)	IIP
64	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	VENTILADOR VENTEO 1º P L2	CA01-056-GCJ-051078-25064	2	1	2	2	2	2
65	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	VENTILADOR VENTEO SEGUNDO PISO	CA01-056-GCJ-051078-25065	2	1	2	2	2	2
66	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	VENTILADOR DE VENTEO QUIM L1	CA01-056-GCJ-051078-25066	2	1	2	2	2	2
67	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BOMBA TRANSF METANOL L1	CA01-056-GCJ-051078-31040	2	0	2	2	2	2
68	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BBA TRANSF CLORATO SODIO L1	CA01-056-GCJ-051078-31041	2	0	2	2	2	2
69	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BBA DE CONDENSADO QUIM L1	CA01-056-GCJ-051078-31043	2	0	2	2	2	2
70	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BOMBA TORRE ABSOR VENTEO SCRUB L2	CA01-056-GCJ-051078-31045	2	0	2	2	2	2
71	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR DE ENFRIADOR DE AGUA N°1 QUIM L1	CA01-056-GCJ-051078-31046	2	0	2	2	2	2
72	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BBA ACEITE LUBRICACION AL CHILLER	CA01-056-GCJ-051078-31047	2	0	2	2	2	2
73	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BBA DE RECIRC GENERADOR QUIM L1	CA01-056-GCJ-051078-31048	2	0	2	2	2	2
74	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BBA ALIMENT FILTRO DE SALES L1	CA01-056-GCJ-051078-31050	2	0	2	2	2	2
75	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BOMBA FILTRO DE SALES	CA01-056-GCJ-051078-31051	2	0	2	2	2	2
76	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BBA SOLUCION DE SALES A TK QUIM L1	CA01-056-GCJ-051078-31052	2	0	2	2	2	2
77	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BBA RECIRCU GENERAD TK VACIADO L1	CA01-056-GCJ-051078-31053	2	0	2	2	2	2
78	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BBA DIOXIDO CLORO A ALMACENA L1	CA01-056-GCJ-051078-31054	2	0	2	2	2	2
79	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BBA VENTEO ABSORBED DIOX CLORO L1	CA01-056-GCJ-051078-31055	2	0	2	2	2	2

Taller IITE

Cuenta con la identificación de todos los fluidos que forman parte del área de procesos, en este taller se asigna el valor de impacto correspondiente a cada fluido

Tabla 3.15 Calculo de Criticidad. Determinación del (IITE)

Sistema (SAP)	Descripción del Sistema	IITE
CA01-056-090	Sistema DCS AQuímica L1	1
CA01-056-CBB	Sistema Planta de Agua L1	1
CA01-056-CBD	Sistema red agua contra incendio	1
CA01-056-GCI	Sistema de Servicios	4
CA01-056-GCJ	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	3
CA01-056-GCL	Sistema Auxiliar	4
CA01-056-HCI	Sistema peróxido hidrógeno	4

Finalmente realizar el cálculo también llamado valor (IISM), para ingresar en la vertical de la matriz de criticidad, ejemplo:

Tabla 3.16 Calculo de Criticidad. Determinación del (IISM)

Item	Cod. Area	Nombre Sistemas	Cod. Sistemas	Equipos	UT	IIP	ITE	IISM
89	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MOTOR BBA SUCCION DE TK CONDEN QUIM L1	CA01-056-GCJ-051078-31122	2	1	2
90	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	PDC ARÉA QUÍMICA L-1	CA01-056-GCJ-051078-36128	2	1	2
91	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	MCC AREA QUÍMICA	CA01-056-GCJ-051078-37128	2	1	2
92	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	VDF MOTOR BBA.CH WATER T.ABSOR-VENTRO SC	CA01-056-GCJ-051078-39045	2	1	2
93	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	VDF MOT. BBA. ALIMENTACION FILTRO SALES	CA01-056-GCJ-051078-39050	2	1	2
94	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	VDF MOTOR BBA.FILTRO SALES	CA01-056-GCJ-051078-39051	2	1	2
95	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	VDF MOTOR BBA RECIR.GENERADOR TK VACIADO	CA01-056-GCJ-051078-39053	2	1	2
96	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	VDF MOT. VENTILADOR DE VENDEO SCRUBBER	CA01-056-GCJ-051078-39056	2	1	2
97	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	VDF MOTOR BBA. #2 SOLUCIÓN DIOXIDO CLORO	CA01-056-GCJ-051078-39061	0	3	3
98	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	ENFRIADOR AGUA TK RESPALDO L2	CA01-056-GCJ-051078-51046	0	1	1
99	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	GENERADOR DIÓXIDO CLORO	CA01-056-GCJ-051078-51078	0	3	3
100	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	INYECTOR DE ACIDO N°1	CA01-056-GCJ-051078-57080	0	4	4
101	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	INYECTOR DE ACIDO N°2	CA01-056-GCJ-051078-57081	0	4	4
102	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	FILTRO EYECTOR (VAPOR)	CA01-056-GCJ-051078-57095	0	1	1
103	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	SISTEMA EYECTOR (VAPOR)	CA01-056-GCJ-051078-57096	0	1	1
104	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	HERVIDOR DEL GENERADOR QUIM L1	CA01-056-GCJ-051078-58079	0	1	1

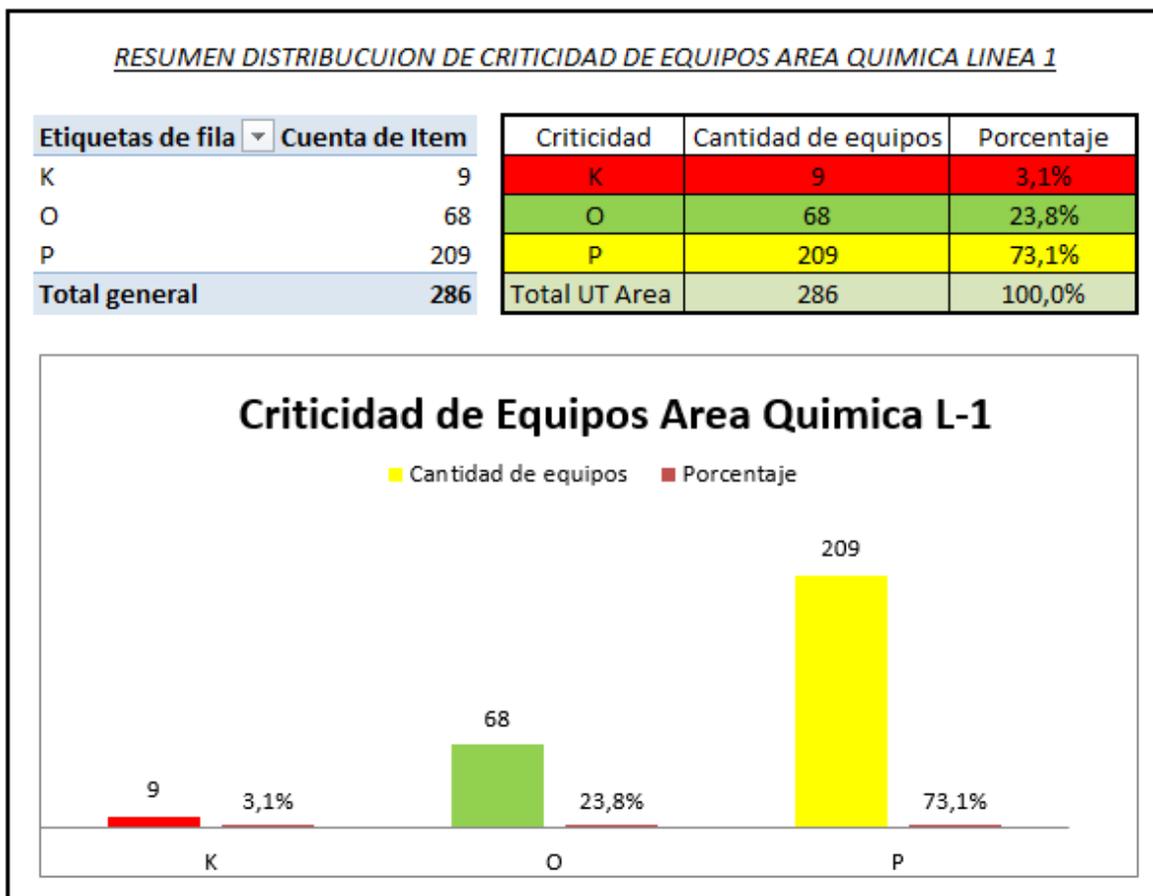
Estos valores nos arrojan una posición en la matriz de criticidad indicando el valor correspondiente a su criticidad.

Tabla 3.17 Calculo final de criticidad

Item	Cod. Area	Nombre Sistemas	Cod. Sistemas	Equipos	UT	Matriz criticidad	Criticidad
25	CA01-056	Sistema red agua contra incendio	CA01-056-CBD	GAVETA EXTERIOR 2°P SALA ELECT ANDES L1	CA01-056-CBD-021002-85005	15	P
26	CA01-056	Sistema de Servicios	CA01-056-GCJ	BOMBA DE AGUA DE SELLO	CA01-056-GCJ-002103-21003	31	P
27	CA01-056	Sistema de Servicios	CA01-056-GCJ	BOMBA TRASPASO PEROXIDO L1	CA01-056-GCJ-002103-2129	34	P
28	CA01-056	Sistema de Servicios	CA01-056-GCJ	BOMBA TRASPASO PEROXIDO QUIM L1	CA01-056-GCJ-002103-2130	34	P
29	CA01-056	Sistema de Servicios	CA01-056-GCJ	MOTOR BOMBA TRASPASO PEROXIDO L2	CA01-056-GCJ-002103-3129	34	P
30	CA01-056	Sistema de Servicios	CA01-056-GCJ	MOTOR BBA RESPALDO TRASPASO PEROXIDO L1	CA01-056-GCJ-002103-3130	34	P
31	CA01-056	Sistema de Servicios	CA01-056-GCJ	SWITCH NIVEL TK PEROXIDO N°2 A N°2 L2	CA01-056-GCJ-002103-LS119-A	34	P
32	CA01-056	Sistema de Servicios	CA01-056-GCJ	SWITCH NIVEL TK PEROXIDO N°1 A N°2 L1	CA01-056-GCJ-002103-LS119-B	34	P
33	CA01-056	Sistema de Servicios	CA01-056-GCJ	NIVEL TK DIARIO DE PEROXIDO	CA01-056-GCJ-002103-LSH125-A	34	P
34	CA01-056	Sistema de Servicios	CA01-056-GCJ	NIVEL TK DIARIO DE PEROXIDO	CA01-056-GCJ-002103-LSH125-B	34	P
35	CA01-056	Sistema de Servicios	CA01-056-GCJ	SWITCH TEMP N°1 PEROXIDO TK N°1 QUIM L1	CA01-056-GCJ-002103-TS118-A	14	P
36	CA01-056	Sistema de Servicios	CA01-056-GCJ	SWITCH TEMP N°2 PEROXIDO TK N°1 QUIM L1	CA01-056-GCJ-002103-TS118-B	14	P
37	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	BOMBA TRANSF METANOL PLANT DIOX CLORO L1	CA01-056-GCJ-051078-21040	43	P
38	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	BOMBA TRANSF CLORATO PLTA DIOX CLORO L1	CA01-056-GCJ-051078-21041	43	P
39	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	BOMBA DE CONDENSADO QUIM L1	CA01-056-GCJ-051078-21043	21	O
40	CA01-056	Sistema Planta Dióxido Cloro L1	CA01-056-GCJ	BOMBA AGUA TORRE ABSOR VENDEO SCRUB L2	CA01-056-GCJ-051078-21045	41	P

A continuación mostramos el resumen del análisis de criticidad.

Tabla 3.18 Resumen análisis de criticidad



4. CAPITULO IV: ANÁLISIS TÉCNICO/PRODUCCIÓN Y ECONÓMICO

4.1. REPORTABILIDAD TECNICA Y DE PRODUCCIÓN

Dentro de la gestión de reportabilidad de los niveles de producción diario, se describe como es la situación actual según este informe de planta Arauco, que muestra los niveles de producción diario, acumulado y en relación a la meta anual. Considera un target mensual, el acumulado de niveles de producción para Línea 2 (pino), Línea 1 (euca), energía, y parámetros de seguridad y medio ambiente.

Tabla 4.19 Informe de producción Planta Arauco (referencia Jueves 30 de Junio 2017)

ARAUCO		Informe de Producción Planta Arauco					
Producción al jueves, 29 junio 2017							
PINO	DIA	94,2%	MES	101,5%	AÑO	95,9%	
Grado	Real	Target	Real	Target	Real	Target	
Prime	1.446,07	1.535,00	42.400,48	41.760,00	244.979,56	257.760,00	
No Prime	0,00	0,00	0,00	0,00	2.173,82	0,00	
TOTAL	1.446,07	1.535,00	42.400,48	41.760,00	247.153,39	257.760,00	
Promedio	---	---	1.462,09	1.440,00	1.380,75	1.440,00	
Días Op.	---	---	29,00	29,00	179,00	179,00	
Tapas	56,55		769,08		4.240,73		
ADi Dig.	1.539,55	1.535,00	Prime	No Prime	Prime	No Prime	
			100,0%	0,0%	99,1%	0,9%	
EUCA	DIA	99,6%	MES	97,8%	AÑO	88,8%	
Grado	Real	Target	Real	Target	Real	Target	
Prime	841,85	845,00	22.462,12	23.084,00	115.950,36	132.534,00	
No Prime	0,00	0,00	110.983	0,00	1.738,63	0,00	
TOTAL	841,85	845,00	22.573,10	23.084,00	117.689,99	132.534,00	
Promedio	---	---	778,38	796,00	706,84	796,00	
Días Op.	---	---	29,00	29,00	166,50	166,50	
Tapas	0,00		258,26		1.657,98		
Nº Cocc.	35	35	Prime	No Prime	Prime	No Prime	
ADi dig.	844,20	845,00	99,6%	0,6%	98,6%	1,6%	
ENERGIA	DIA	80,2%	MES	56,0%	AÑO	74,4%	
	Real	Target	Real	Target	Real	Target	
Venta al S.I.C. (MW-h)	24,1	265,2	981,6	7.679,5	32.259,8	56.402,9	
Precio Prom. S.I.C. (US\$/MW-h)	49,5	67,1	100,7	67,1	69,3	65,1	
Venta a Clientes (MW-h)	309,9	289,9	8.021,3	8.407,7	48.230,3	51.846,1	
Precio Prom. Clientes(US\$/MW-h)	80,1	80,1	80,1	80,1	80,0	80,1	
TOTAL VENTAS MW-h	334,0	555,1	9.002,9	16.087,2	80.490,1	108.249,0	
SEGURIDAD	DIA	MES	AÑO				
	Real	Real	Real	Target			
ASTP	0	0	8	-			
ACTP	0	1	11	10			
Días perdidos	0	2	194	175			
Días de arrastre	-	-	-	-			
AMBIENTAL	DIA	MES	AÑO				
	Real	Real	Real	Target			
Nº Derrames	0	0	0	0			
Nº Excedencias Legales	0	0	0	0			

Siguiendo el análisis técnico/producción, en la gestión de reportabilidad de los niveles de producción, también se muestra el rendimiento de la planta, muestra la directa relación que existe entre la disponibilidad de los equipos en la línea de proceso continua y cuando alguno de ellos falla, interrumpe la producción o bien no permiten alcanzar los niveles mínimos establecidos y su impacto es de acuerdo al nivel de criticidad.

En este sentido se lleva un registro de cada evento que altera la producción continua, para abordar con un enfoque especial a aquellos equipos más críticos del proceso.

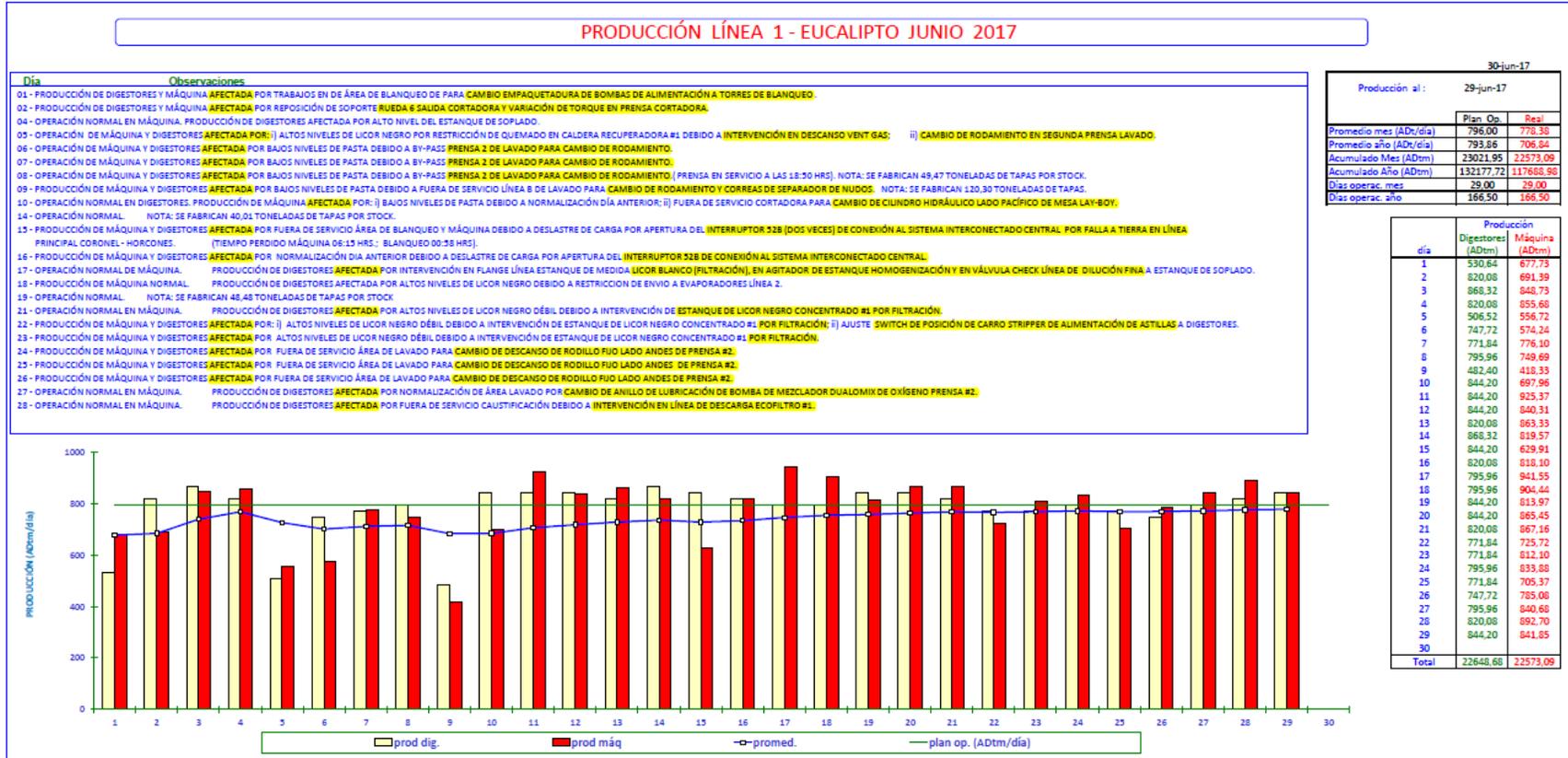
Se adjuntan como Ilustración de referencia los reportes de producción de línea 1 al día 30 de un mes, registrado durante las 24 horas de parte de jefes de turno de producción, que muestra el comportamiento de cada día cuando línea se veía afectada mencionando el equipo en falla, o medidas de mitigación por eventos ambientales que no permitían alcanzar los niveles por fallas, mecánicas y eléctricas. Operacionalmente, falla de comunicación, instrumentación, otros. No se registraron.

En los informes de línea 1, se lee más claro cada una de las observaciones descritas en un mes, con sus respectivas columnas de datos y gráfico de barras de la producción.

En los informes de línea 2, es lo mismo, por eso no se quiso repetir ilustración en este análisis.

Lo relevante es que en estos informes mensuales, se registraron bastantes eventos asociados a fallas de equipos mecánicos y medidas control de fugas, pese a eso, lograron mantener una producción nivelada y llegar al cumplimiento mensual establecido en el plan Operativo de la organización.

Tabla 4.20 Observaciones Producción Planta Arauco (referencia jueves 30 de junio 2017)



Ahora, asociado al Área Química, rescatamos 4 eventos durante todo el año 2016. Lo que significativamente es muy poco respecto a los 365 días del año. Y los eventos que mostramos durante un mes.

Es decir, como el nivel del área química es de nivel “C” (área con una velocidad de producción media o con pulmón de mediano tamaño - La detención de 6 a 12 horas del área produce una detención de la producción de planta), si revisamos el cuadro adjunto, observamos que los tiempos de fallas, no superaron los rangos parametrizados para ese nivel.

Esto es coherente que los equipos del área Química, no resultaron ser mirados como Críticos para el proceso de mantención. Por consiguiente puede existir un sobrecosto de mantención que será mostrado en el siguiente Capítulo de evaluación económica.

Tabla 4.21 Registro de ACR, Área Química

ID Problema	Fecha en que ocurrió el problema	Área	Título Problema	Tiempo fuera de servicio del Área (hrs)	Perdida de Producción en Digestor (Adt)	Prioridad Total
110	09-02-2016	1_Area Química	Falla controlador UPS generador ClO2 CA02-256-290-CSC001-CTL001	4	76	04. Prioridad
115	06-04-2016	1_Area Química	Fuga flange línea de ClO2 a L1 (considera cambio de válvula manual ClO2). CA02-256-HEC-022060-7222	0	307	03. Prioridad
128	01-07-2016	1_Area Química	Falla UPS planta química (Genera taponamiento de línea de ClO2 a etapa D0). CA02-256-290-CSC001-CTL001	2	251	03. Prioridad
152	15-12-2016	1_Area Química	Falla en control de nivel de torre de absorción generador de ClO2. ca01-056-LCV-1131	1	183	03. Prioridad

La tabla anterior corresponde a una tabla de control ACR (Análisis Causa Raíz) con la cual se gestionan las pérdidas, se realizan análisis de falla, de mantenimiento y procedimiento con el fin de tomar acciones correctivas tendientes a evitar que el mismo evento se repita en el futuro, algunas de estas acciones son:

- Mejorar mantenimiento preventivo, mediante la mejora en la inspección y/o mantenimiento anual.
- Mejora tecnológica.
- Mejora de procedimientos.
- Mejora de repuestos.
- Etc.

4.2. ANALISIS ECONÓMICO

Como medida de referencia clara y conocida, se consideran en este análisis los resultados de área Química Línea#2, con el objeto de reconocer los beneficios de la implementación de esta estrategia de Criticidad de equipos aplicada desde el año 2012.

Analizaremos los flujos de costos reales asociados a la mantención de activos del área química Línea#2 y de la actual área química Línea#1, con el fin de proyectar esa desviación como propuesta de mejora.

- 1°. Se muestra el comportamiento de costos de área Química Línea#2. Se consideran los últimos 8 años, en 2 periodos de 4 años cada uno; Nótese la diferencia a contar del Año 2012, posterior a la implementación del método de Criticidad.

Tabla 4.22 Flujo de costos de A. Química línea2, últimos 8 años. Sin y Con Criticidad

Periodo Evaluacion "n"	4	2009	2010	2011	2012
Presupuesto Mantencion		116.092.702	130.183.939	134.407.922	128.671.632
Costos Materiales		74.369.535	73.506.186	195.899.027	69.958.901
Costo servicios		24.798.704	121.050.164	84.615.006	60.686.604
Total Costos Bruto		99.168.239	194.556.350	280.514.033	130.645.505
Costos Antes de Impuestos					
Impuesto	19,00%	18.841.965	36.965.707	53.297.666	24.822.646
Costos despues de imptos					
Costo Operacional		118.010.204	231.522.057	333.811.699	155.468.151
Desv. (%) Costo v/s Presupuesto		-15%	49%	109%	2%
Media desviacion en el periodo		36%			

Periodo Evaluacion "n"	4	2013	2014	2015	2016
Presupuesto Mantencion		132.846.546	137.156.920	141.607.149	146.201.772
Costos Materiales		96.324.693	92.971.994	87.832.401	86.267.088
Costo servicios		44.872.573	56.502.647	63.478.141	74.421.389
Total Costos Bruto		141.197.266	149.474.641	151.310.542	160.688.477
Costos Antes de Impuestos					
Impuesto	19,00%	26.827.481	28.400.182	28.749.003	30.530.811
Costos despues de imptos					
Costo Operacional		168.024.747	177.874.823	180.059.545	191.219.288
Desv. (%) Costo v/s Presupuesto		6%	9%	7%	10%
Media desviacion en el periodo		8%			

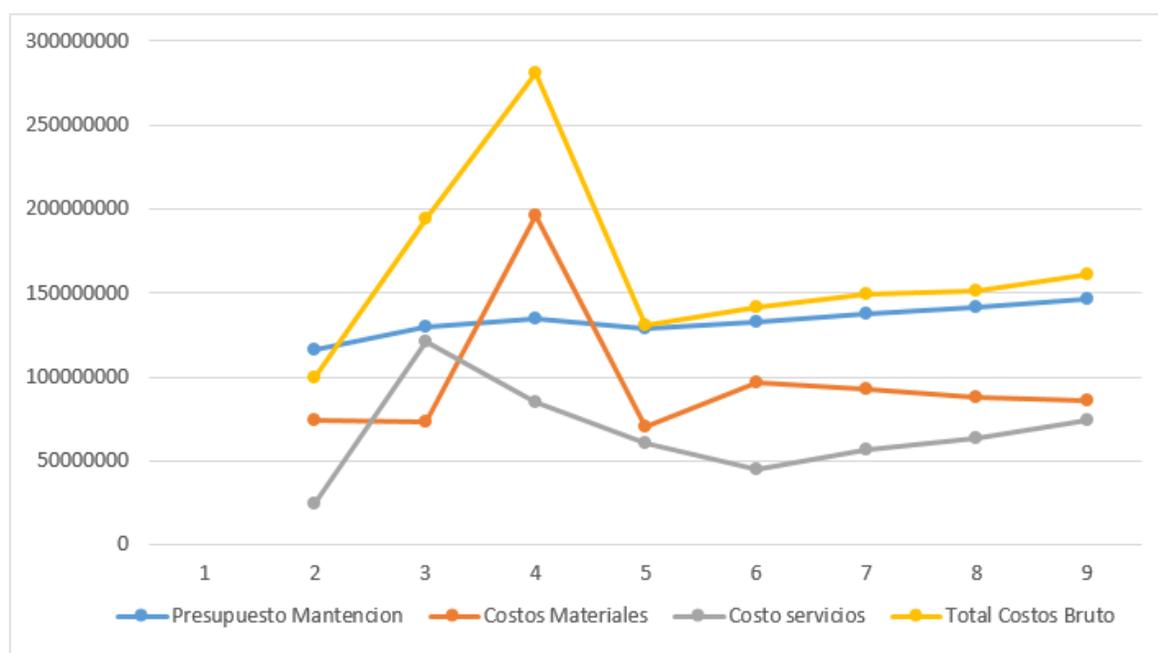


Ilustración 4.13 Tendencia de los costos de A. Química línea 2, últimos 8 años. Sin y Con Criticidad de equipos.

2°. Ahora analizamos los costos de área Química Línea#1. En un periodo similar sobre el cual evaluamos también en línea 2, es decir en 4 años. En este caso solo los últimos 4 años.

Tabla 4.23 Flujo de costos de A. Química Línea 1, últimos 4 años. Sin Criticidad de equipos.

Periodo Evaluacion "n"	4	2013	2014	2015	2016
Presupuesto Mantencion		88.564.364	91.437.946	94.404.766	97.467.848
Costos Materiales		32.958.681	65.476.303	72.838.991	93.596.358
Costo servicios		39.560.133	56.758.116	46.801.882	90.092.544
Total Costos Bruto		72.518.814	122.234.419	119.640.873	183.688.902
Costos Antes de Impuestos					
Impuesto	19,00%	13.778.575	23.224.540	22.731.766	34.900.891
Costos despues de imptos					
Costo Operacional		86.297.389	145.458.959	142.372.639	218.589.793
Dev. (%) Costo v/s Presupuesto		-18%	34%	27%	88%
Media desviacion en el periodo		33%			

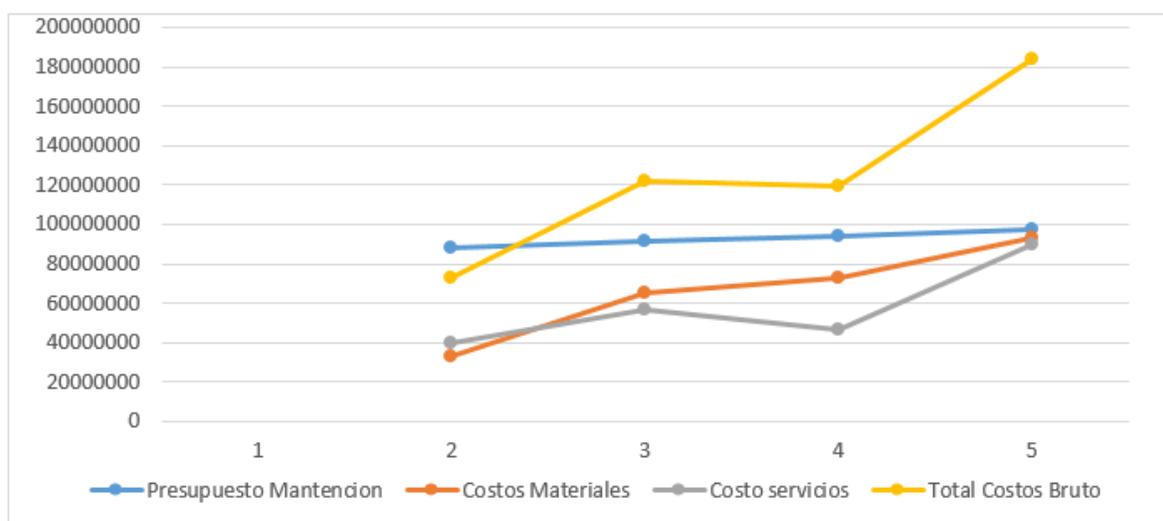


Ilustración 4.14 Tendencia costos de A. Química Línea 1, últimos 4 años. Sin Criticidad de equipos

3°. Ahora proyectamos los costos de A. Química línea 1, en 4 años, de acuerdo a la tendencia actual, sin Criticidad.

Tabla 4.24 Flujo de costos de A. Química Línea 1, proyectado en los próximos 4 años. Sin Criticidad de equipos

Periodo Evaluacion "n"	4	2018	2019	2020	2021
Presupuesto Mantencion		100.956.222	104.569.445	106.759.146	108.311.986
Costos Materiales		73.159.753	75.147.987	67.328.944	68.994.758
Costo servicios		65.668.741	57.891.227	68.884.129	79.414.227
Total Costos Bruto		138.828.494	133.039.214	136.213.073	148.408.985
Costos Antes de Impuestos		138.828.494	133.039.214	136.213.073	148.408.985
Impuesto	19,00%	26.377.414	25.277.451	25.880.484	28.197.707
Costos despues de imptos		165.205.908	158.316.665	162.093.557	176.606.692
Costo Operacional		165.205.908	158.316.665	162.093.557	176.606.692
VAC; Tasa de descuento (Wacc)	6,62%	\$ 154.948.329	\$ 139.267.338	\$ 133.736.427	\$ 136.663.470
				\$	564.615.564
Desv. (%) Costo v/s Presupuesto		38%	27%	28%	37%
Media desviacion en el periodo		32%			

4°. Ahora proyectamos los costos de A. Química Línea#1, en 4 años venideros, de acuerdo a la referencia de Línea #2, es decir con Criticidad de Equipos.

Tabla 4.25 Flujo de costos de A. Química Línea 1, proyectado en a 4 años, c/referencia a Línea 2. Con Criticidad de equipos

Periodo Evaluacion "n"	4	2018	2019	2020	2021
Presupuesto Mantencion		100.956.222	104.569.445	106.759.146	108.311.986
Costos Materiales		68.596.358	61.382.903	58.229.000	48.136.633
Costo servicios		59.092.544	55.849.566	53.777.885	49.770.481
Total Costos Bruto		127.688.902	117.232.469	112.006.885	97.907.115
Costos Antes de Impuestos		127.688.902	117.232.469	112.006.885	97.907.115
Impuesto	19,00%	24.260.891	22.274.169	21.281.308	18.602.352
Costos despues de imptos		151.949.793	139.506.639	133.288.193	116.509.466
Costo Operacional		151.949.793	139.506.639	133.288.193	116.509.466
VAC; Tasa de descuento (Wacc)	6,62%	\$ 142.515.282	\$ 122.720.614	\$ 109.970.360	\$ 90.158.463
				\$	465.364.718
Desv. (%) Costo v/s Presupuesto		26%	12%	5%	-10%
Media desviacion en el periodo		8%			

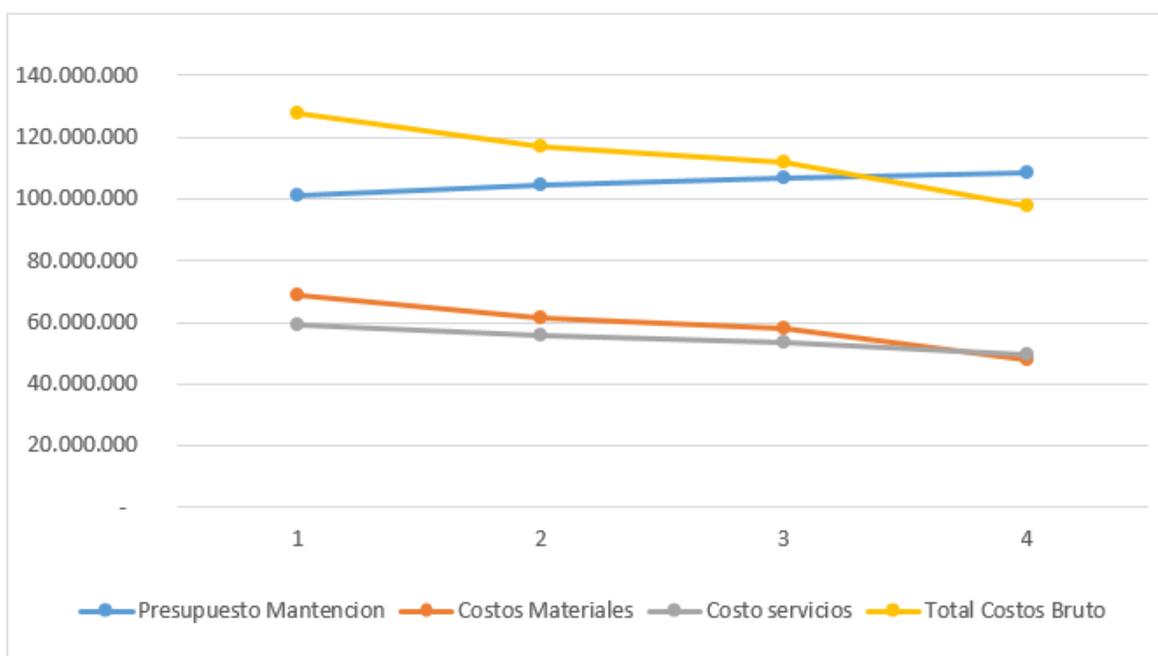


Ilustración 4.15 Tendencia costos de A. Química línea 1, últimos 4 años sin Criticidad y proyectado a 4 años con Criticidad.

5°. Finalmente verificamos la mejora de los flujos de costos proyectados al 2021 en línea 1, cruzando la proyección con y sin Criticidad en los equipos, observamos las diferencias de costos y diferencias en % desviación respecto al presupuesto, en 4 años.

Tabla 4.26 Flujo de caja Cruzado de A. química línea 1, proyectado a 4 años, con y sin criticidad.

Periodo Evaluacion "n"	2018	2019	2020	2021
Presupuesto Mantencion	\$ 100.956.222	\$ 104.569.445	\$ 106.759.146	\$ 108.311.986
Costos Materiales	\$ 4.563.395	\$ 13.765.084	\$ 9.099.944	\$ 20.858.125
Costo servicios	\$ 6.576.197	\$ 2.041.661	\$ 15.106.244	\$ 29.643.746
Total Costos Bruto	\$ 11.139.592	\$ 15.806.745	\$ 24.206.188	\$ 50.501.870
Costos Antes de Impuestos	\$ 11.139.592	\$ 15.806.745	\$ 24.206.188	\$ 50.501.870
Impuesto 19,00%	\$ 2.116.522	\$ 3.003.281	\$ 4.599.176	\$ 9.595.355
Costos despues de imptos	\$ 13.256.114	\$ 18.810.026	\$ 28.805.364	\$ 60.097.226
Costo Operacional	\$ 13.256.114	\$ 18.810.026	\$ 28.805.364	\$ 60.097.226
VAC; Tasa de descuento (Wacc) 6,62%	\$ 12.433.047	\$ 16.546.725	\$ 23.766.068	\$ 46.505.007
			\$ 99.250.846	
Desv. (%) Costo v/s Presupuesto	11%	15%	23%	47%
Media desviacion en el periodo	24%			

Tenemos como medida referencial, para el mismo periodo proyectado, la comparación del:

- ✓ VAC proyectado con mejora igual a \$ 465.364.718. Menor que
- ✓ VAC del mismo periodo pero sin mejora, igual a \$ 564.615.564. Es Mayor

Esto nos indica que al ser menor el Primer VAC, proyectado con la mejora, esta es efectiva en el tiempo, reduciendo costos.

Predomina también la tendencia de las curvas en reducir los costos de materiales, repuestos y almacenajes y por otro lado, predomina la tendencia en aumentar el costo de servicios de mayor calidad pero a una frecuencia más lejana.

Cabe mencionar que al otorgar mayor confiabilidad en los equipos, se consigue reducir los eventos por falla, consiguiendo un ahorro por disminución de pérdidas de producción, mencionadas en la Tabla 4.21.

CONCLUSIÓN

La competencia actual en el negocio de la venta de celulosa necesita que se implementen en la plantas productivas estrategias diferenciadoras que obtengan como resultado la satisfacción y fidelización del cliente con el objeto de retenerlo y seguir en una senda de relación duradera en el tiempo.

Hoy en día la producción de celulosa en planta Arauco tiene su foco en relación a costos en:

- Consumo de químicos
- Mantenimiento optimo

En el primer ítem el personal de operaciones de Arauco trabaja día a día en búsqueda de la reducción de consumo de químicos.

En el segundo ítem; que es donde los participantes de este proyecto trabajamos; se está enfocado en eficientar los procesos de mantenimiento, con el objeto de disminuir el costo de mantenimiento y mejorar la disponibilidad de los equipos, lo anterior se logra mediante la implementación de estrategias de ingeniería industrial, ya que esta disciplina entrega herramientas de análisis enfocado a procesos y mejoras utilizando herramientas disponibles (concepto de riesgo, herramientas estadísticas y financieras).

Este proyecto se enfocó en realizar un estudio de riesgo con el objeto de disminuir el costo de mantenimiento mediante la implementación en SAP de la criticidad de los equipos.

Nuestra apuesta es obtener una disminución progresiva de los costos a 4 años cercano a un 8% de desviación por sobre el Presupuesto Anual no un 32%. Obteniendo una mejora de un 24% de desviación por sobre el Presupuesto, en la reducción de costos.

Esta disminución de costos se reflejará en la priorización de los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, con la correcta priorización se obtienen los siguientes beneficios:

- Utilización de personal propio de área en los programas semanales.
- Evitar el uso de empresas contratistas.

- Enfocarse en los malos actores y buscar eficientes su desempeño.
- Disminuir el stock de bodega de materiales y repuestos.
- Mejorar desempeño de los equipos.
- Mejorar la disponibilidad de equipos.

5. BIBLIOGRAFIA

- Procedimiento Análisis de Criticidad 28-08-2012 código 13 716 003, documento interno planta Arauco.

6. ANEXOS

- Planilla Cálculo Criticidad área química L1 rev1.