



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Aplicación de POWER BI para la gestión de indicadores de
mantenimiento en el área de extracción de la empresa
Caña Brava**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Mecánico - Eléctrico

César Ricardo Vega Gahona

Asesor:
Mgtr. Ing. Carlos Nicolás Quispe Chanampa

Piura, agosto de 2023



Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, César Ricardo Vega Gahona, egresado del Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 77919501

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:
"Aplicación de POWER BI para la gestión de indicadores de mantenimiento en el área de extracción de la empresa Caña Brava"
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis¹ para optar el Título profesional² de Ingeniero Mecánico-Eléctrico.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
 - Mgtr. Ing. Carlos Nicolás Quispe Chanampa, identificado con DNI N° 45458031
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 18/08/2023.


Firma del autor optante 

¹ Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

² Grado de Bachiller, Título profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

³ Idéntica al DNI; no se admite digital, salvo certificado.



Dedicatoria

A Dios y a mi familia.





Resumen

El propósito principal de esta tesis consiste en utilizar Power BI como herramienta para la gestión de los indicadores de mantenimiento en la empresa Caña Brava, y poder mejorar la visualización y el análisis de datos enfocados en la toma de decisiones para mantener la continuidad del proceso en el área de extracción.

El análisis de los indicadores se centra en el área de extracción debido a la criticidad que se tiene en el proceso de producción. En este caso necesitó de las siguientes etapas para llevar a cabo esta implementación: propuesta de la plataforma para el manejo de los indicadores, creación de la base de datos en Excel, cargar la base de datos y tratamiento de esta en el Power Query, generación de indicadores, diseño de los *dashboards* y finalmente una verificación. Así mismo, se muestran dos casos donde la plataforma influyó en la toma de decisiones.

En los resultados obtenidos se puede notar que los indicadores se adaptan correctamente a lo que se esperaba, se puede ver la evolución mes a mes y la acumulación anual del indicador. El diagrama de Pareto juega un papel importante para el análisis de las paradas no programadas, se analizan así mismo los avisos, órdenes de mantenimiento entre otras variables de trabajo, para verificar el buen desempeño de la plataforma. Por último, la plataforma representa una nueva y mejor forma de identificar los principales indicadores de mantenimiento y facilitar la visualización mediante la creación de *dashboards* simples y con información clara.

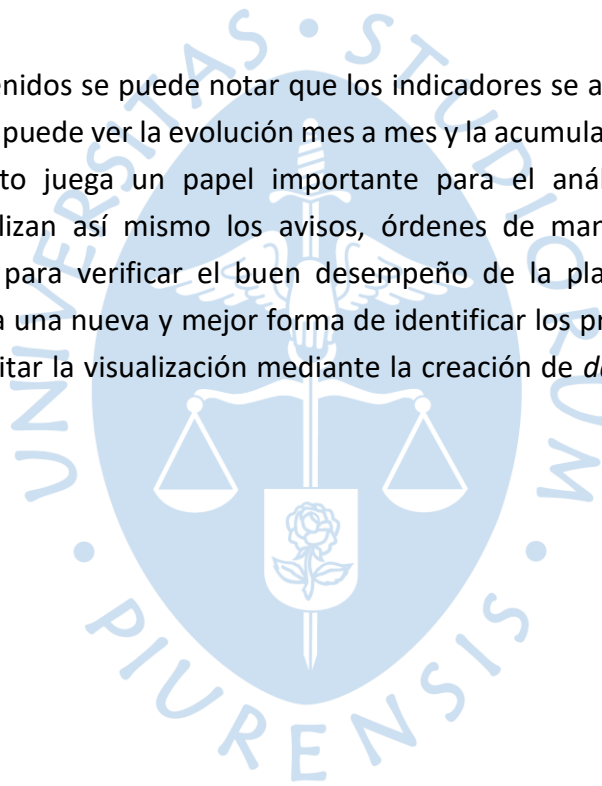




Tabla de contenido

Introducción	15
Capítulo 1 Marco teórico.....	17
1.1 Área de extracción.....	17
1.2 Gestión de mantenimiento Caña Brava	21
1.3 Descripción de las variables de trabajo.....	23
1.3.1 Pareto de fallas.....	23
1.3.2 Avisos de mantenimiento.....	24
1.3.3 Cumplimiento del plan de mantenimiento	25
1.3.4 Stock valorado	26
1.3.5 Presupuesto de mantenimiento.....	27
1.3.6 Eficiencia general de equipos.....	28
1.3.7 Cumplimiento de TASC.....	30
1.3.8 Disponibilidad.....	31
1.4 Generalidades del Power BI	31
1.4.1 Power BI Desktop.....	31
1.4.2 Power Query Editor.....	34
Capítulo 2 Aplicación del POWER BI y resultados.....	37
2.1 Descripción de la implementación	37
2.2 Casos de aplicación en la empresa.....	41
2.2.1 Alineamiento del desfibrador de caña y generación de TASC	41
2.2.2 Propuesta de mejora en la cadena EC-106	45
Conclusiones.....	49
Referencias.....	51
Anexos	53
Anexo A Flujo de planificación de mantenimiento	55
Anexo B Técnica de análisis sistemático de las causas	56



Lista de tablas

Tabla 1 Datos para gráfico de Pareto.....	24
Tabla 2 Detalles de la generación de avisos.....	24
Tabla 3 Clasificación del OEE.....	30
Tabla 4 Acuerdo N°96.....	44
Tabla 5 Plan de acción de TASC – Vibraciones altas en desfibrador.....	44





Lista de figuras

Figura 1 Esquema de proceso de producción en la empresa Caña Brava	18
Figura 2 Esquema del proceso y equipos de extracción	19
Figura 3 Mesa de recepción	19
Figura 4 Desfibrador y juegos de cuchillas	20
Figura 5 Recepción y preparación de caña	20
Figura 6 Flujograma básico de una planta con difusor	21
Figura 7 Organigrama de mantenimiento.....	22
Figura 8 Causas de parada de prensa.....	23
Figura 9 Lista de avisos de mantenimientos.....	25
Figura 10 Status del plan de mantenimiento.....	26
Figura 11 Reporte stock valorado en SAP	27
Figura 12 Estructura de costo en el ciclo de vida de un activo	28
Figura 13 Power BI Desktop	32
Figura 14 Obtención del origen de datos.....	32
Figura 15 Modelado de datos	33
Figura 16 Ejemplo de modelado	34
Figura 17 Power Query.....	34
Figura 18 Resumen anual de los indicadores.....	38
Figura 19 Dashboard de evolución de los indicadores 2023	38
Figura 20 Diagrama de Pareto.....	39
Figura 21 Atención de avisos.....	40
Figura 22 Cumplimiento del plan de mantenimiento	41
Figura 23 Vibraciones elevadas en SC-101.....	42
Figura 24 Aviso por balancero del SC-101.....	42
Figura 25 Ejecución de balanceo de rotor del SC-101.....	43
Figura 26 Paradas de mayo	45
Figura 27 Tabla de fallas del EC-106.....	46
Figura 28 Transportador EC-106 y unión Cadena-Talisca	46
Figura 29 Pin con pasador	47

Figura 30 Perno hilo parcial..... 47

Figura 31 Gastos asociados al cambio de pernos en la cadena EC-106..... 48



Introducción

Actualmente el uso del software Power Bi ha aumentado, tanto es el caso, que se está volviendo el más utilizado en empresas con estándares de excelencia para realizar la gestión y análisis de datos. En el año 2019 se tiene un registro de más de 200 países y 200 000 empresas que utilizan esta plataforma. (ENAE, 2019)

Uno de los casos de éxito es la empresa Chevron, una de las más grandes del sector energía, la cual aplicó en 2019 esta plataforma para mejorar en la interacción con socios externos, y a la vez mantener la seguridad de los datos. (Microsoft, 2021)

En este trabajo, se elaborará la base teórica referente a los principales indicadores utilizados en el área de mantenimiento de la empresa Caña Brava como son: el Pareto de fallas, cumplimiento de avisos, cumplimiento del plan de mantenimiento, stock valorado, presupuesto, eficiencia general de equipos, cumplimiento de TASC (técnicas de análisis sistemáticos de causas) y la disponibilidad. Así mismo, una descripción del proceso de extracción de jugo de caña, donde se detallan los equipos más importantes para el proceso y su modo de funcionamiento.

Se dará una explicación de cómo se manejan los indicadores, en el área de mantenimiento y con respecto a la gestión anterior, poder realizar una mejora aplicando el software Power Bi. También se detallan cómo es que estos indicadores se adaptan al área y se expondrán dos casos de aplicación donde esta plataforma ayuda en la toma de decisiones.

Uno de los casos es el alineamiento del desfibrador y la elaboración de las TASC, donde se utilizó el diagrama de Pareto. Se observó que el desfibrador de caña era el equipo más crítico y acumulaba varias horas de parada por altas vibraciones, luego se dio seguimiento con los indicadores de cumplimiento hasta eliminar la falla.

Otro de los casos es la mejora en un transportador de cadenas y taliscas ubicado a la entrada del primer molino de secado, donde en los últimos meses se notaba un crecimiento de las paradas por fallas de pernos, se vio una deficiencia en el diseño analizando la acumulación de tiempos de parada en el diagrama de Pareto, y se realizó dos propuestas de mejora.



Capítulo 1

Marco teórico

Caña Brava es un conjunto de tres empresas: Agrícola del Chira, Sucroalcolera del Chira y Bioenergía del Chira, dedicadas a la siembra y cosecha de caña, producción de etanol y azúcar, y generación de energía eléctrica respectivamente. Se encuentra ubicada al noroeste de la ciudad de Sullana, en el km 6 de la carretera Ignacio Escudero – Tamarindo. Actualmente la empresa cuenta con una capacidad de producción de 370 mil litros de etanol, también puede moler más de 4300 toneladas de caña por día. En el año 2008 se inició el montaje de la fábrica de etanol, la primera en Latinoamérica con sistema de extracción directa. Luego, en el año 2009 se inicia la producción de energía eléctrica. Finalmente, en el año 2018 se inicia el proyecto de producción de azúcar. (Grupo Romero, S.f)

1.1 Área de extracción

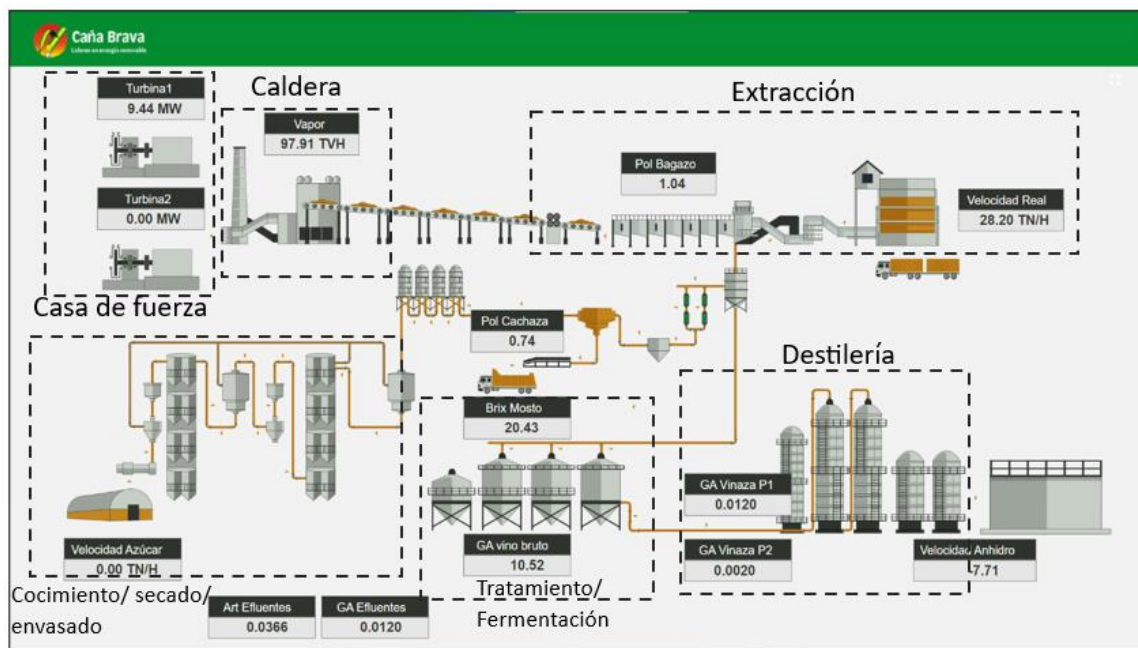
Del proceso de producción de la empresa Caña Brava, se obtienen dos importantes derivados de la caña como son el etanol y el azúcar, que conforman el mix¹ de producción. Para estos procesos es necesario contar con determinados equipos, que realizan el tratamiento de la materia prima como es la caña. (Mendoza, López, Farías, & Alarcón, 2017)

En la Figura 1 se muestra un esquema resumido de todo el proceso de producción, este es obtenido desde el *Cimply*, que es la plataforma de la empresa donde se visualizan los distintos *dashboards*. En esta plataforma se pueden encontrar datos del proceso de producción como: velocidad real de producción (en toneladas por hora), la potencia activa generada por las turbinas en casa de fuerza, entre otros. Con esta facilidad de acceder a los datos relevantes de producción, el personal puede dar seguimiento al proceso.

¹ %Etanol producido + %Azúcar producida = 100% Producción total

Figura 1

Esquema de proceso de producción en la empresa Caña Brava



Nota. Tomado de *Cimplicity Caña Brava*

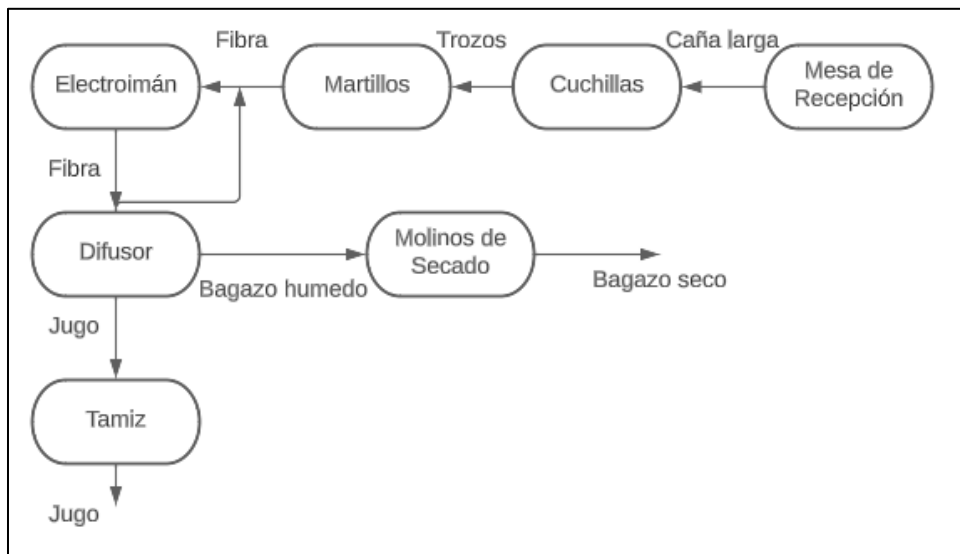
En la Figura 1, el área denominada como “Extracción” es una de las fundamentales de todo el proceso de producción, en esta parte se realiza la preparación de la caña y se extrae el jugo con alto contenido de azúcares. Esta área es el inicio de todo el proceso de producción, por eso que todos los equipos que la conforman tienen un alto nivel de criticidad, esto implica que el área de mantenimiento y producción tienen que velar por mantener un aceptable valor de disponibilidad. El área tiene a la vez tres subáreas importantes como la recepción, extracción de jugo y molienda.

En la parte de recepción, resalta la mesa de recepción de caña, así como los transportadores de cadena. De igual forma en extracción de jugo se puede encontrar el difusor de caña, las cuchillas y desfibrador. Por parte de molienda los equipos más resaltantes son los dos molinos de secado, que son equipos bastante robustos, los cuales, como varios equipos, necesitan de puentes grúa para poder hacer maniobras de mantenimiento.

En la Figura 2 se indican todos los equipos más relevantes del proceso de extracción y la secuencia del proceso. Se aprecia en la descripción a la entrada y salida de cada equipo, cuál es la forma en que se ha transformado la materia prima. Principalmente en esta se puede encontrar la fibra de caña, bagazo, jugo, entre otros, estos obtenidos a partir de procesar la caña de azúcar.

Figura 2

Esquema del proceso y equipos de extracción



Inicia el proceso en la mesa de recepción, la cual recibe la materia prima desde los diferentes fundos a través de las cañera². Como se puede ver en la Figura 3, una grúa hilo, voltea los vagones depositando la caña en la mesa de recepción. (Caña Brava, 2014)

Las cañeras pueden llegar a tener una capacidad de 22 toneladas por vagón, y cuentan con ganchos de izaje diseñados según indique la empresa productora. Las cañeras se diseñan con materiales de alta resistencia que permiten disminuir el peso para así aumentar la carga útil y generar mejor rentabilidad.

Figura 3

Mesa de recepción



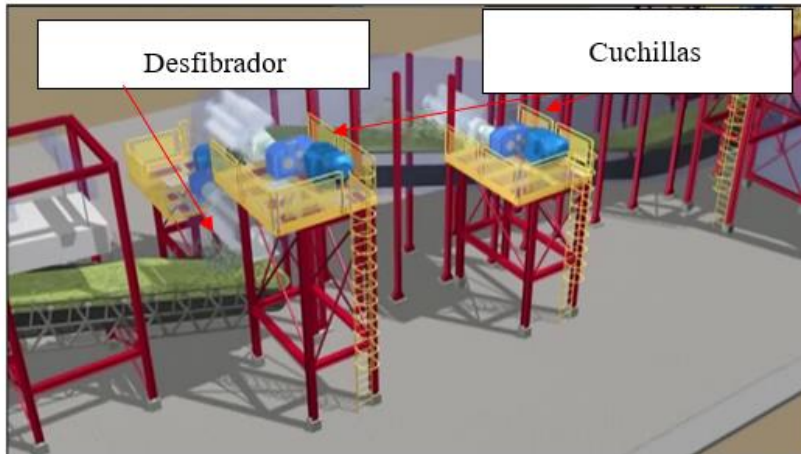
Nota. Tomado de Caña Brava (2014)

² Vehículo con 1 o 2 vagones de gran capacidad que transportan la caña de azúcar y con la capacidad de volteo.

En la mesa de recepción, la caña se lava y traslada a través de un transportador de cadenas hacia las cuchillas, que cortan en pequeñas partes la caña larga. Un desfibrador, que es un conjunto de martillos que giran a gran velocidad, convierten en pequeñas fibras los trozos de caña, para facilitar la extracción de azúcares a través de la dilución en agua caliente. En la Figura 4 se puede ver que se cuenta con dos juegos de cuchillas. (Caña Brava, 2014)

Figura 4

Desfibrador y juegos de cuchillas

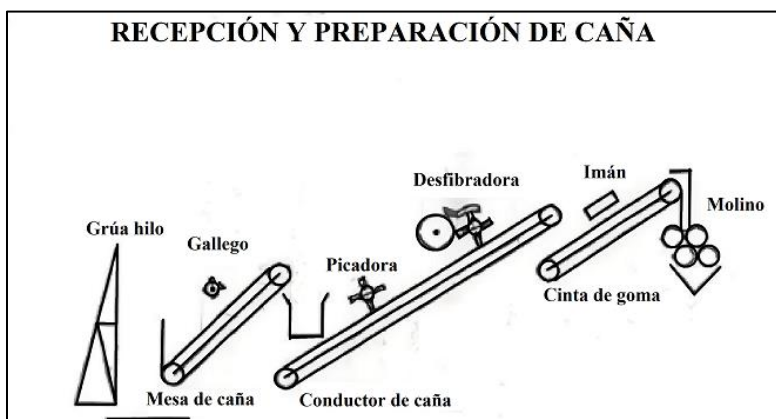


Nota. Tomado de Caña Brava (2014)

Una vez desfibrada la caña, pasa por un electroimán, que retira cualquier material o impureza de tipo metálico. Como se aprecia en la Figura 5, en un esquema genérico de una planta bagacera, se identifica el uso de un electroimán para eliminar impurezas metálicas. (Pastor, 2014)

Figura 5

Recepción y preparación de caña



Nota. Tomado de Pastor (2014)

Luego del electroimán la fibra pasa al equipo difusor como el que se aprecia en la Figura 6, el cual mediante la dilución en agua caliente extrae el jugo de caña con un valor aproximado

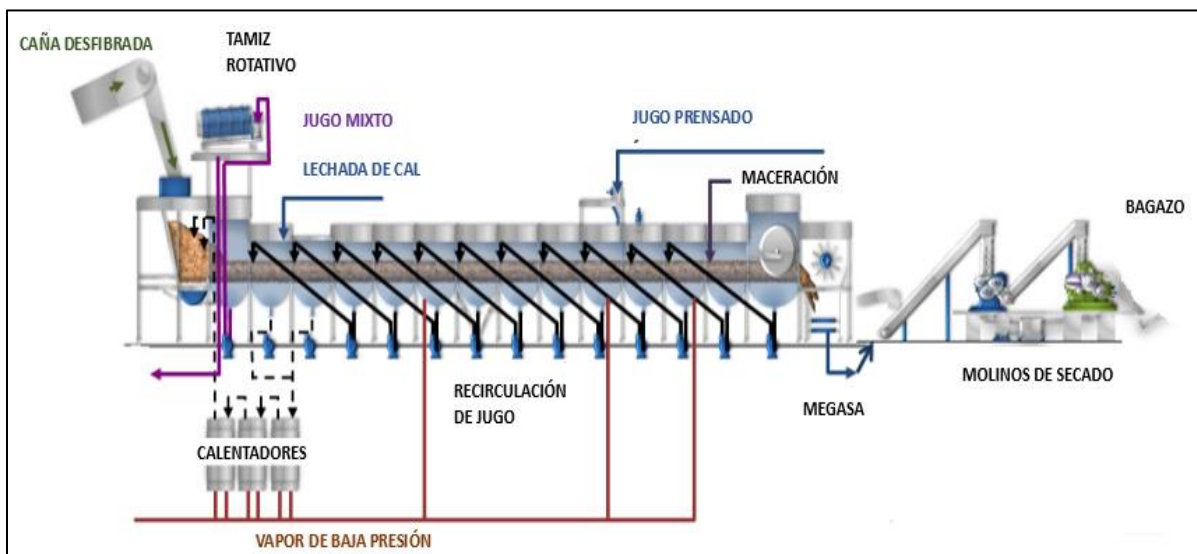
del 97.5% de azúcares, que son utilizados para el proceso de producción de etanol y azúcar. Usando un tamiz rotativo se puede separar pequeñas partículas sólidas (fibra de caña o pequeñas impurezas) del jugo de caña. Finalmente, a través de transportadores se lleva el bagazo húmedo hacia los molinos de secado. (Caña Brava, 2011)

Cabe resaltar que existen plantas industriales que tienen diferentes formas de obtener el producto final como es el jugo de la caña. En la Figura 6 se muestra un proceso que combina tanto la extracción del jugo de caña a través de un difusor como el uso de molinos de secado. Existen otros tipos de procesos que solamente utilizan los molinos para la extracción de jugo como es el caso del proceso mostrado en la Figura 5. Existen muchos aspectos que permiten evaluar el uso de cada una de estas dos tecnologías, por ejemplo, el volumen de producción, el tipo de cosecha, consumo de energía, etc. (Ferber, 2013)

En el área de extracción, la función de los molinos de secado es extraer el último jugo, también de enviar bagazo con bajo nivel de humedad para quemarse en la caldera.

Figura 6

Flujograma básico de una planta con difusor



Nota. Tomado de Ferber (2013)

1.2 Gestión de mantenimiento Caña Brava

En el área de mantenimiento, la estrategia utilizada es el TPM (mantenimiento productivo total), en el Anexo A, se puede apreciar un esquema del flujo del plan de mantenimiento semanal. Adicionalmente al plan semanal, se tienen los trabajos en las paradas de martillos y cuchillas (P MYC), paradas de 2 días y las paradas anuales.

Diariamente se realiza, como en muchas de las empresas, una reunión donde se detallan los indicadores, eventos o alguna coordinación sobre la operación de la planta y sus

procesos. De esta reunión participa el área de Electricidad, Proyectos, Automatización, Producción, Mantenimiento y Calidad.

Luego se realiza una reunión entre Mantenimiento y Proyectos para revisar los avisos y algún otro detalle dentro de los trabajos más importantes, así como la discusión de los eventos de falla más resaltantes.

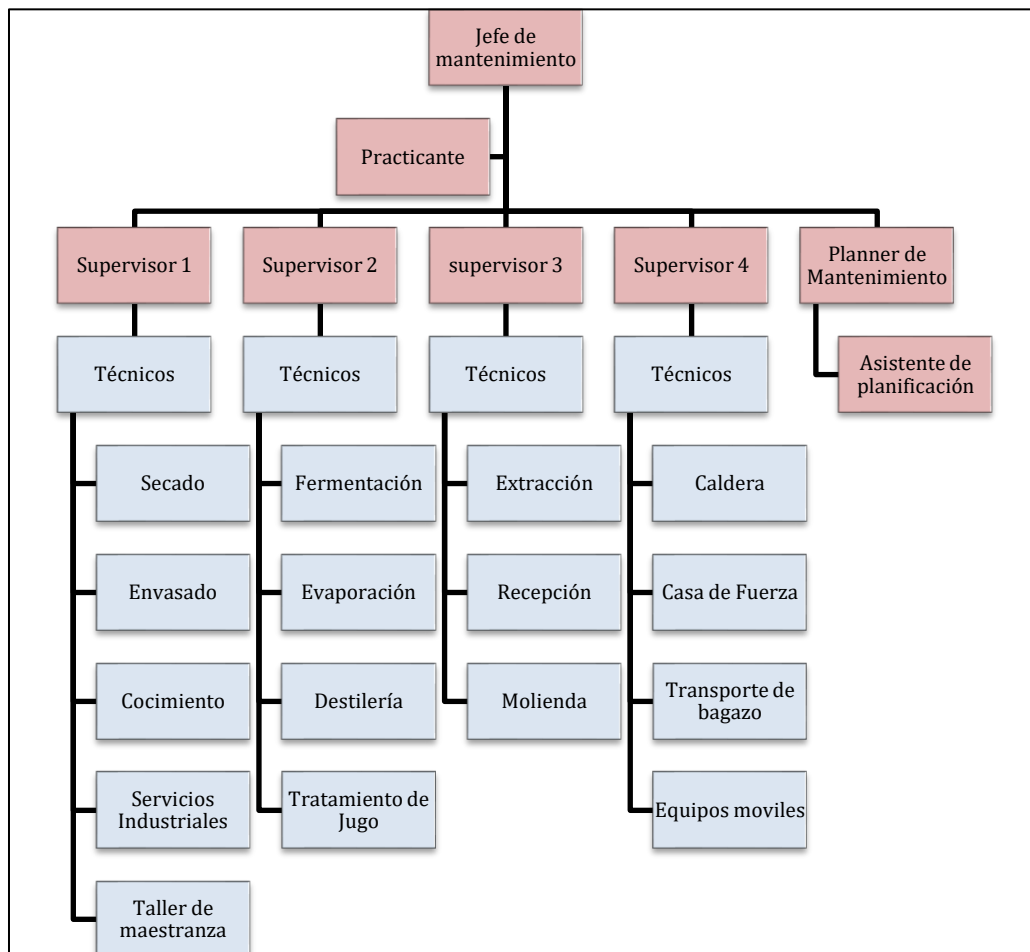
Finalmente, los viernes, se realiza la reunión de mantenimiento, donde se presentan los principales indicadores, y la generación del acta de acuerdos.

El organigrama del área de mantenimiento se muestra en la Figura 7, en este se muestra el personal disponible para el área. Se puede notar por colores una diferencia entre el personal administrativo como son los supervisores, jefatura, planificación y el personal técnico dividido por áreas.

El personal técnico como en muchas de las empresas tiene a la vez una subdivisión principal en la cual se puede encontrar, técnicos mecánicos, soldadores y personal de análisis predictivo.

Figura 7

Organigrama de mantenimiento



1.3 Descripción de las variables de trabajo

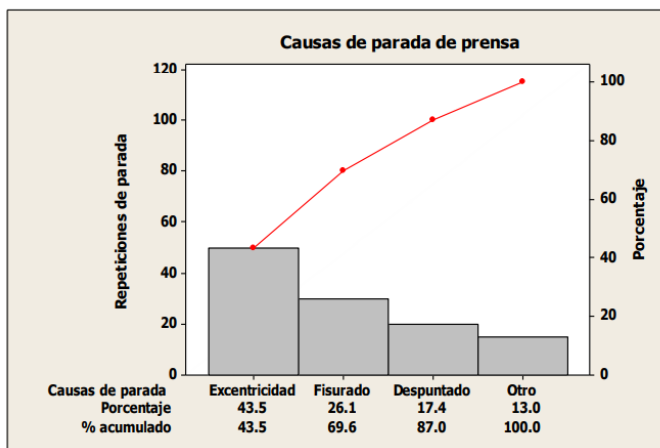
En este trabajo, se ha denominado variables de trabajo a los indicadores que se van a presentar en los *dashboards*. Por esto se describirá y detallará cada uno de estos.

1.3.1 Pareto de fallas

El diagrama de Pareto es un gráfico, que permite visualizar la causa de los eventos de falla y ordenarlos por nivel de importancia. Así se puede cuantificar los efectos de estas, como puede ser el tiempo acumulado de paradas por problemas operacionales o por fallas mecánicas. (Alvarez, 2013)

Figura 8

Causas de parada de prensa



Nota. Tomado de Alvarez (2013)

Para obtener el gráfico de Pareto deseado como el que se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se necesita realizar algunos arreglos en base a los datos obtenidos de las fallas.

En el eje horizontal, se coloca la causa raíz de las fallas en operación o paradas imprevistas, esto permite agrupar las fallas. En el área de extracción, existen fallas de origen mecánico, eléctrico, de automatización, por atoros de materia prima en ductos, por efecto de las impurezas minerales entre otras.

En el eje vertical principal, se colocará la suma de los tiempos de parada, agrupados por su respectiva causa raíz.

Como notación C_i es un conjunto de fallas que tienen el mismo origen o causa raíz, y A es el universo de todas las fallas o paradas del proceso. Para un valor de i que va desde 1 a n , se obtiene la expresión 1.

$$A = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\} \quad (1)$$

El tiempo de parada por causa raíz esta dado por la ecuación 2.

$$t_i = \sum_{j=1}^m t_j, t_j \in C_i \quad (2)$$

Para cuestiones gráficas se tiene que ordenar en forma descendente con respecto al tiempo acumulado, con lo cual se obtiene la expresión 3.

$$t_1 > t_2 > t_3 > \dots > t_n \quad (3)$$

Finalmente se obtiene una tabla de datos como la que se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se tienen dos columnas para poder graficar.

Tabla 1

Datos para gráfico de Pareto

Causa raíz	Tiempo de parada
C_1	t_1
C_2	t_2
C_3	t_3
...	...
C_n	t_n

En el eje secundario se coloca el porcentaje de participación de las causas de parada sobre las paradas totales de procesos. En este caso se analiza el principio de Pareto que indica que el 80% del tiempo de parada proviene del 20% de las causas. (Cajamarca, 2018)

1.3.2 Avisos de mantenimiento

Los avisos son alertas formales que se generan en el sistema SAP (*Systems Applications and Products in Data Processing*), que indican todo lo relevante a alguna falla, evento imprevisto, actividad de mejora o programación de trabajo correctivo. (SAP, s.f.)

En los datos que se necesitan para generar un aviso correctamente se puede encontrar los indicados en la Tabla 2.

Tabla 2

Detalles de la generación de avisos

Dato	Detalle	Ejemplo
Puesto de trabajo	-Mecánico -Eléctrico -Automatización	MECA – EXT, para mecánico del área de extracción.
Texto Breve	Indica la condición	Fuga en..., Rotura de ..., Grado envolvente elevado de... etc.
Texto descriptivo	Detalla la condición, posibles causas y menciona cualquier otro dato relevante para la programación de la atención	Grado envolvente elevado en la BC-103J, requiere inspección del equipo predictivo.

Fecha	Fecha de creación	
Tipo de aviso	Pueden ser para mejora, correctivos, falla, etc.	M4: mejora.
Código	Identifica a cada uno de los avisos	
Ubicación técnica	Facilita la detección y la atención del aviso	157-3402-EXT, aviso para el área de extracción
Equipo	Imputa los gastos correctamente y facilita aún más la atención del aviso.	SC-101, equipo a atender es el desfibrador de caña

El cálculo del indicador de atención de avisos de mantenimiento es sencillo. Para que un aviso sea atendido, basta con que el planificador visualice una orden de mantenimiento (OM), que es creada a partir de los avisos, sea por el supervisor o el personal técnico, a partir de allí se puede programar la actividad en una fecha determinada y con los recursos necesarios.

En la Figura 9, obtenida de la transacción iw28 del sistema SAP, que permite visualizar la lista de avisos, se puede verificar que en la columna Orden, hay campos vacíos. Esto puede significar que el supervisor no atendió la condición.

Figura 9

Lista de avisos de mantenimiento

Creado el	Aviso	Cl.	Orden	Ubicación técnica	Denominación de objeto técnico	Descripción	Pto.tbjo.resp.
01.06.2023	13587444	M1		157-3402-EVA-EVCA-EJUGO	INTERCAMBIADOR DE CALOR IC-401 A	placa ciega para IC401A*	MECA-EVA
	13587471	M1		158-3502-PLA	DOMO	Fuga de vapor en nivel mecanico del domo	MECA-CAL
	13587436	M1	203948755	157-3402-EVA-EVCA-EJUGO	EVAPORADOR DE JUGO (EV302 - 303)	teñon expandible eva 303	MECA-EVA
	13587445	M1	203949599	157-3402-FER-FECA-FJUGO	TANQUE DE AGUA CALIENTE 30 M3 TQ-1702	FUGA EN LINEA DE TQ 1702.	MECA-FER
	13587475	M1	203952728	158-3502-PLA	DOMO	fuga de vapor en visor	MECA-CAL
02.06.2023	13587663	M1		157-3402-DES-DECA-DJUGO	COLUMNA DE DESTILACION (C-510)	Fuga de vapor por brida en C-510	MECA-DES
	13587681	M1		157-3402-EVA-EVCA-EJUGO	BOMBA DE SUPER ALTA PRESION	cambio de oring	MECA-EVA
	13587684	M1		157-3402-TRA-CLAR-FILTR	TANQUE FLASH TQF-2020	FALLA EN TRANSMISOR DE NIVEL.	INST-EXT
	13587692	M1		158-3502-CAS-SCON	INTERCAMBIADOR DE SIST CONDENSACION	Fuga en condensador	MECA-CSF
	13587693	M1		158-3502-CAS-SATU-TCOND	TURBINA TMC5000	Fuga en válvulas de control	MECA-CSF

Al tener datos cuantitativos del número de avisos que ya fueron atendidos, se puede obtener el porcentaje de atención de avisos como lo muestra la ecuación 4.

$$\% \text{ Atención de avisos} = \frac{\text{Avisos con OM}}{\text{Total de avisos}} \times 100\% \quad (4)$$

1.3.3 Cumplimiento del plan de mantenimiento

Dentro de plan de mantenimiento como ya se mencionó en un apartado anterior, dependiendo de la frecuencia de las actividades, se tienen principalmente lo siguiente:

PM SEMANAL: Actividades semanales rutinarias, resaltan el cambio de cuchillas y martillos del desfibrador de caña. Parada por alrededor de 5 horas.

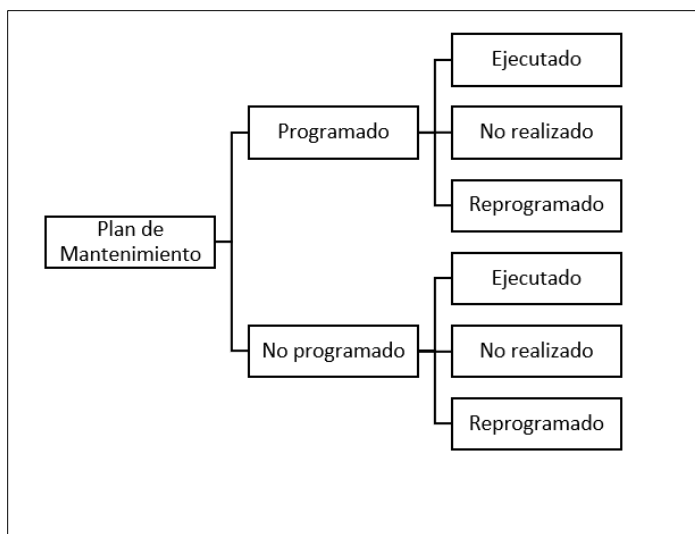
PM 4 MESES: Esta actividad está enfocada en trabajos no rutinarios que pueden demandar de un poco más de tiempo, los más resaltante es el cambio de masas de los molinos de secado. Parada de 48 horas.

PARADA ANUAL: Se realiza para poder ejecutar el respectivo *Overhaul* a equipos que requieran muchas horas de trabajo y coordinación. Parada de alrededor de 23 días.

El *status* que arroja el sistema SAP, en este caso no brinda muchos detalles sobre la ejecución de los trabajos, es por esto que como área de mantenimiento la ejecución de los trabajos se resume en un formato de Excel.

Figura 10

Status del plan de mantenimiento



Como se puede apreciar en la Figura 10, el plan de mantenimiento comprende las actividades programadas y no programadas, de esta forma las ecuaciones 5 y 6, dan el indicador de cumplimiento o ejecución y reprogramación respectivamente.

$$\%Ejecución = \frac{\sum Ejecutado programado + \sum Ejecutado no programado}{\sum Total de OM del PM} \times 100\% \quad (5)$$

$$\%Reprogramación = \frac{\sum Reprogramado programado + \sum Reprogramado no programado}{\sum Total de OM del PM} \times 100\% \quad (6)$$

1.3.4 Stock valorado

Este indicador informa sobre los materiales y cantidades que se tienen para fines de mantenimiento y que están contabilizadas por el área de finanzas. Este indicador da una vista del valor en moneda de todo el *stock* y el inventario como una lista “estática”.

Para mantener un *stock* valorado se necesita un presupuesto de parte de la empresa, se debe hacer proyecciones para cada área, y se planifica eficientemente los recursos en

adquirir los materiales que se usarán en mantenimiento para evitar llenarse de *stock* que no tiene rotación.

Figura 11

Reporte stock valorado en SAP

Stocks de material entre 01.01.2023 y 30.12.2023										
Área valoración 3402 Material 70019186 Denominación GRASA GADUS S2 OG CLEAR OIL 20000										
Stock/valor para 01.01.2023 362,000 KG 13.842,30 PEN Total/Valor entradas 2.160,000 KG 76.967,84 PEN Total/Valor salidas 2.163,000- KG 78.038,25- PEN Stock/valor para 30.12.2023 359,000 KG 12.771,89 PEN										
Alm.	CMv	E	Doc.mat.	Pos	Fe.contab.	Cantidad	UMB	Registrado	Hora	Usuario
0001	101		5052543897	1	06.02.2023	900,000	KG	06.02.2023	14:16:03	ALACHIRAP
0001	917		4969676797	1	18.02.2023	360,000-	KG	18.02.2023	09:59:09	FLOPEZV
0001	917		4969831154	1	30.03.2023	180,000-	KG	30.03.2023	08:48:51	JVIVASS
0001	917		4969831154	2	30.03.2023	178,000-	KG	30.03.2023	08:48:51	JVIVASS
0001	101		5052637584	1	04.04.2023	360,000	KG	05.04.2023	14:44:16	ALACHIRAP
0001	917		4969895894	2	15.04.2023	180,000-	KG	15.04.2023	09:54:19	FLOPEZV
					17.04.2023	0,000	KG	17.04.2023	10:34:53	AVILELAJ
					17.04.2023	0,000	KG	17.04.2023	10:34:53	AVILELAJ
0001	917		4969991880	6	10.05.2023	180,000-	KG	10.05.2023	11:15:54	FLOPEZV
0001	101		5052701783	1	15.05.2023	180,000	KG	16.05.2023	08:29:22	ALACHIRAP
0001	101		5052701784	1	15.05.2023	360,000	KG	16.05.2023	08:32:26	ALACHIRAP
0001	101		5052701785	1	15.05.2023	180,000	KG	16.05.2023	08:33:47	ALACHIRAP
0001	917		4970026671	1	18.05.2023	180,000-	KG	18.05.2023	10:29:22	JVIVASS
					25.05.2023	0,000	KG	25.05.2023	11:41:23	AVILELAJ
					25.05.2023	0,000	KG	25.05.2023	12:06:10	AVILELAJ
					25.05.2023	0,000	KG	25.05.2023	12:02:12	AVILELAJ
0001	917		4970067566	1	28.05.2023	180,000-	KG	29.05.2023	09:31:09	ALACHIRAP
0001	917		4970067573	1	28.05.2023	2,000-	KG	29.05.2023	09:32:59	ALACHIRAP
0001	918		4970067753	1	28.05.2023	2,000	KG	29.05.2023	09:58:53	ALACHIRAP
0001	915		4970090801	1	03.06.2023	1,000-	KG	03.06.2023	10:03:35	JVIVASS
*						3,000-	KG			

En la Figura 11 se puede apreciar un reporte de SAP, donde se verifica principalmente las fechas de movimiento y el *stock* valorado para un material o consumible.

1.3.5 Presupuesto de mantenimiento

El OPEX (*Operating Expenses*), es el costo asociado al mantenimiento y que incluye los gastos por materiales, servicios entre otros, fundamentales para la operatividad de la empresa. Este servirá para mantener los equipos operativos durante su ciclo de vida. Como se aprecia en la Figura 12, se tiene contemplado en este presupuesto los costes de planificación y operación desde el inicio de su funcionamiento. Así mismo contemplan los gastos correctivos por algún evento de tipo ambiental, desgastes u otro impacto de operación. Finalmente, en la última etapa de su tiempo de vida se prevé un monto presupuestado para su desincorporación del proceso.

El CAPEX (*Capital Expenditure*) por otro lado es la inversión de capital que realiza una empresa para adquirir, mantener o mejorar un activo. Este puede contemplar como se

muestra en la Figura 12, costos de desarrollo que pueden implicar el diseño o investigación para implementar nuevos equipos y poder mejorar la producción. Así mismo los costos de inversión que pueden implicar la adquisición y/o construcción. La gestión del CAPEX dentro de la empresa está coordinada entre el área de proyectos y mantenimiento.

Estos valores al ser de suma importancia tienen un presupuestado, el cual se calcula y se proyecta con una extensión de un año. En las empresas estos conceptos vienen ya más subdivididos según sea los centros de coste, área, jefatura entre otros. En la empresa Caña Brava existen 3 centros de coste:

3202 - Agrícola del Chira

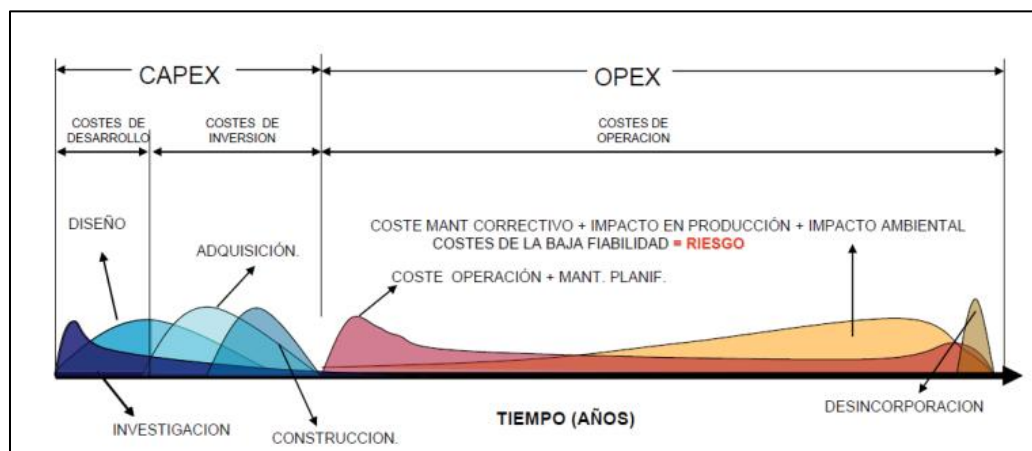
3402 - Sucroalcolera del Chira

3502 - Bioenergía del Chira.

El centro 3402 es el centro que recibe mucha más inversión con respecto a 3502, debido a que los equipos más críticos y el mayor gasto se ejecuta en el mantenimiento de los equipos de extracción de jugo.

Figura 12

Estructura de costo en el ciclo de vida de un activo



Nota. Tomado de Pérez (s.f.)

1.3.6 Eficiencia general de equipos

En la estrategia del TPM, se tiene como indicador el OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) que reúne los pilares fundamentales como disponibilidad, calidad y rendimiento. Este KPI (*Key Performance Indicator*) ayuda a medir la efectividad productiva de los equipos y a tomar acciones para evitar pérdidas económicas. (Díaz, Catari, Murga, Díaz, & Quezada, 2020)

Para el cálculo del OEE es necesario que se tenga claro los siguientes datos a utilizar.

PNP: horas de paradas no programadas o imprevistas.

PP: horas de paradas programadas

Caña molida: en toneladas [tn]

V_{real} : Velocidad real en tonelada por horas[tn/hora]

Con estos datos se pueden obtener los tiempos de producción y los datos necesarios.

Tiempo calendario ($t_{calendario}$): 24 horas del día

Tiempo disponible (t_{disp}): $t_{calendario} - PP$

Tiempo de operación (t_{ope}): $\frac{Caña\ molida}{V_{real}}$

Tiempo de operación neta (t_{net}): $t_{ope} - PNP$

Con los tiempos calculados se puede obtener las incógnitas deseadas para el cálculo del OEE.

En el caso de la tasa de rendimiento, se obtiene la razón porcentual entre t_{net} y t_{ope} como se aprecia en la ecuación 7, esto permite conocer qué tan efectiva es la producción con respecto a lo planificado, este indicador se ve afectado principalmente por las paradas no programadas.

$$Tasa\ de\ rendimiento = \frac{t_{net}}{t_{ope}} \times 100\% \quad (7)$$

Para el cálculo de la disponibilidad, se utiliza la ecuación 8, en la cual se utiliza la razón porcentual entre el t_{ope} y t_{disp}

$$Disponibilidad = \frac{t_{ope}}{t_{disp}} \times 100\% \quad (8)$$

En el caso de la tasa de calidad el cálculo se realiza según la ecuación 9. En esta se aprecia que depende de la cantidad de unidades producidas y de las que son producidas correctamente con aprobación del área de calidad.

$$Tasa\ de\ calidad = \frac{Total\ de\ unidades\ buenas}{Total\ de\ unidades\ producidas} \quad (9)$$

Como en el área de extracción toda la materia prima se utiliza, no existen los reprocesos o materia prima desechada, con lo cual la ecuación 10 se puede reemplazar en la 9 obteniendo una tasa del 100% como se indica en la expresión 11.

$$Total\ de\ unidades\ buenas = Total\ de\ unidades\ producidas \quad (10)$$

$$Tasa\ de\ calidad = 100\% \quad (11)$$

Finalmente, la expresión del OEE es la que se muestra en la ecuación 12. (Díaz , Catari, Murga, Díaz, & Quezada , 2020)

$$OEE = Tasa\ de\ calidad \times Tasa\ de\ rendimiento \times Disponibilidad \quad (12)$$

Reemplazando las ecuaciones 7, 8 y 11 en 12 se obtiene la ecuación 13, que se puede expresar finalmente como la razón porcentual entre el t_{net} y t_{disp}

$$OEE = \frac{t_{net}}{t_{ope}} \times \frac{t_{ope}}{t_{disp}} = \frac{t_{net}}{t_{disp}} \quad (13)$$

En la Tabla 3, se puede apreciar que según el valor del OEE, tiene una correspondencia con el desempeño de la producción. Estos rangos son claves para definir el desempeño de la empresa, ya que al ser una KPI que resume casi toda la gestión de producción, queda a la vista de las auditorías internas de la empresa. Esta tabla permite también saber cuándo es necesario ejecutar un plan de acción para la mejora continua de la producción. (Díaz, Catari, Murga, Díaz, & Quezada, 2020)

Tabla 3

Clasificación del OEE

OEE	Valoración	Descripción
OEE<65%	Deficiente (inaceptable)	Se producen importantes pérdidas económicas. Existe muy baja competitividad.
65%<OEE<75%	Regular	Aceptable solo si se está en proceso de mejora. se producen pérdidas económicas. Existe baja competitividad.
75%<OEE<85%	Aceptable	Debe continuar la mejora para lograr una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85%<OEE<95%	Buena	Entra en valores de clase mundial. Buena competitividad.
95%<OEE<100%	Excelente	Valores de clase mundial. Buena competitividad.

Nota. Adaptado de Cruelles (2010)

1.3.7 Cumplimiento de TASC

La TASC (Técnica de Análisis Sistemático de Causas), es una herramienta utilizada en muchas empresas para seguir un procedimiento formal para llegar a la causa raíz de un incidente o falla. En el Anexo B se muestra una secuencia de pasos que guían a posibles causas y poder clasificar correctamente la falla y la posible solución. (Ministerio Público Fiscalía de la Nación, s.f.)

A partir de las TASC, los responsables se encargan de proponer algunos acuerdos o alternativas de solución a los cuales, como área de planificación, se da seguimiento hasta que se cumplan.

Los posibles estados de estas alternativas de solución son:

Culminado: TASC atendida con un análisis detallado y la eliminación de la causa raíz.

Pendiente: TASC no atendida o en proceso.

Permanente: TASC requiere que se genere una acción rutinaria.

El cumplimiento de este indicador se obtiene a partir de la ecuación 14.

$$\% \text{ Cumplimiento TASC} = \frac{\sum TASC_{culminada}}{\sum TASC_{culminada} + \sum TASC_{pendiente} + \sum TASC_{permanente}} \times 100\% \quad (14)$$

1.3.8 Disponibilidad

Como se observó en el apartado para el cálculo del OEE, la disponibilidad es la razón porcentual entre t_{ope} y t_{disp} , pero esta hace referencia a la disponibilidad total. Existe otro indicador que es la disponibilidad de mantenimiento, que implica la disponibilidad sin las paradas de mantenimiento de tipo mecánico (PNP_{MEC}), eléctrico (PNP_{ELEC}) o de automatización (PNP_{AUTOM}), la disponibilidad total se puede obtener según la ecuación 15.

$$\text{Disponibilidad de mantenimiento} = \frac{t_{disp} - PNP_{MEC} - PNP_{ELEC} - PNP_{AUTOM}}{t_{disp}} \times 100\% \quad (15)$$

También se puede obtener disponibilidad para cada tipo de mantenimiento, sea mecánico, eléctrico y de automatización con las ecuaciones 16, 17 y 18, respectivamente.

$$\text{Disponibilidad de mantenimiento mecánico} = \frac{t_{disp} - PNP_{MEC}}{t_{disp}} \times 100\% \quad (16)$$

$$\text{Disponibilidad de mantenimiento eléctrico} = \frac{t_{disp} - PNP_{ELEC}}{t_{disp}} \times 100\% \quad (17)$$

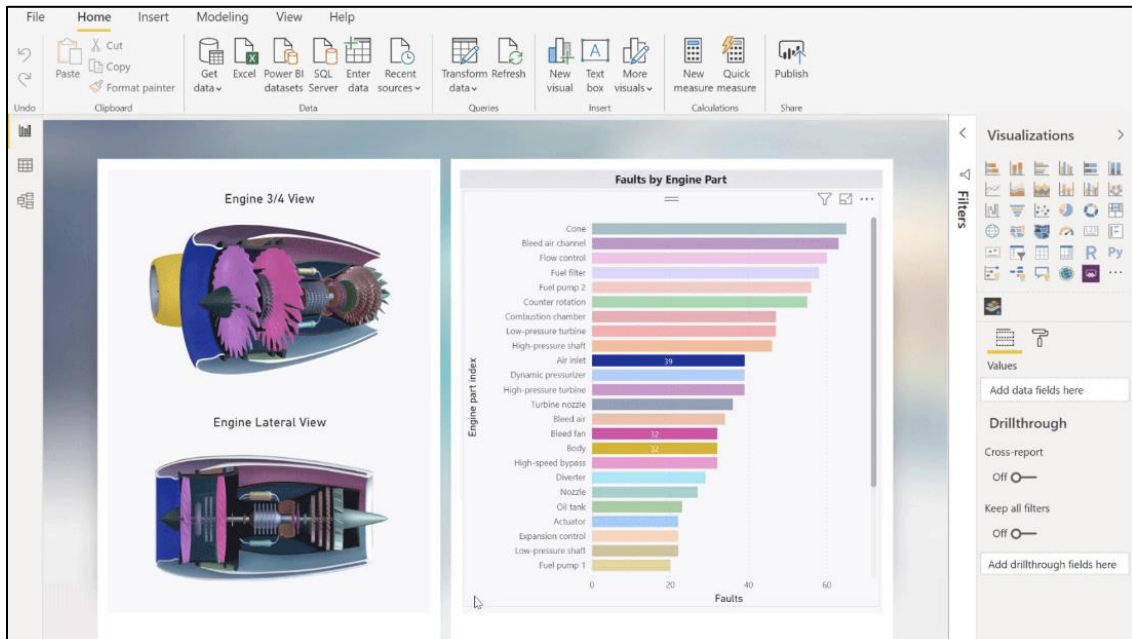
$$\text{Disponibilidad de mantenimiento automatización} = \frac{t_{disp} - PNP_{AUTOM}}{t_{disp}} \times 100\% \quad (18)$$

1.4 Generalidades del Power BI

Power Bi es una plataforma de gestión, análisis y visualización de datos unificada, apta para trabajar con grandes bases de datos. Muchas de las grandes empresas, utilizan esta herramienta no solo para visualizar datos, sino también como una herramienta para interactuar entre usuarios, con socios externos o clientes. Al pertenecer a la compañía Microsoft, tiene acceso a interactuar con otras plataformas como Microsoft Teams, Excel, Azure, entre otras. Power Bi es flexible, puede utilizarse actualmente en cualquier dispositivo que trabaje con Microsoft. (Microsoft, 2021)

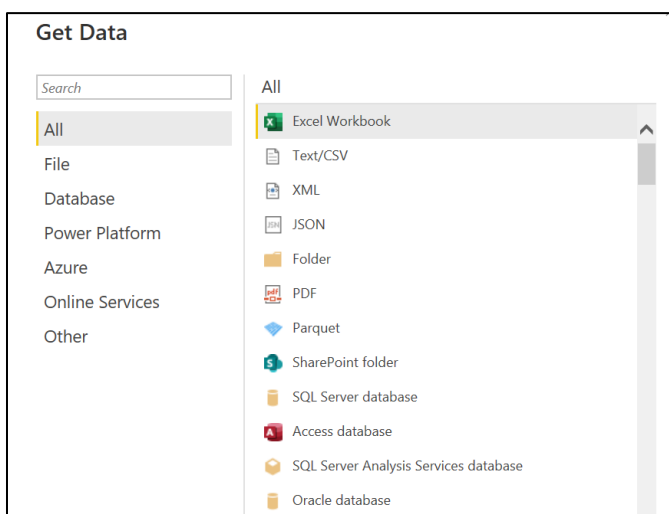
1.4.1 Power BI Desktop

Esta sección de la plataforma permite crear los informes interactivos. A partir de la base de datos se puede escoger distintos gráficos, aplicar filtros de manera rápida. En esta se puede organizar la forma de presentar la información como se puede apreciar en la Figura 13.

Figura 13**Power BI Desktop**

Nota. Tomado de Microsoft (s.f.)

Como se ve en la Figura 14, la data puede ser de distintos orígenes. El tipo de datos que reconoce es variado. Esto es de utilidad, porque en ocasiones se tienen distintas fuentes y en diferentes formatos. Por ejemplo, se puede tener una base de datos en Excel y se debe combinar con imágenes en formato JPG (*Joint Photographic Experts Group*) que deben ser transformadas a sistema binario para ser procesadas en el programa. (Microsoft, s.f.)

Figura 14**Obtención del origen de datos**

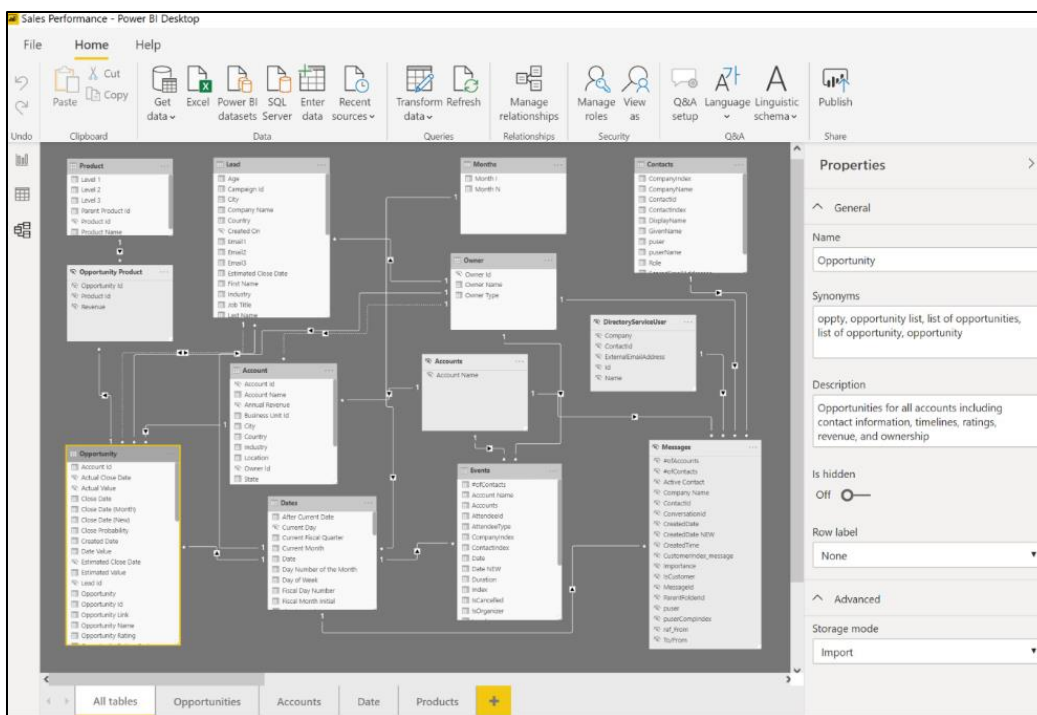
Nota. Tomado de Microsoft (s.f.)

En la sección modelo, se puede establecer relaciones, entre distintas hojas de datos, esto permite establecer jerarquías, filtrar data correctamente, entre otras opciones. (Microsoft, s.f.)

Como se puede observar en la Figura 15, el modelo puede tener un alto grado de complejidad, todo queda en ser lo más ordenado posible con la base de datos. Para entender un poco mejor el modelado, implica combinar la información de dos o más fuentes a partir de información común que coincida con características, como datos de tipo decimal, fechas, textos, entre otros.

Figura 15

Modelado de datos

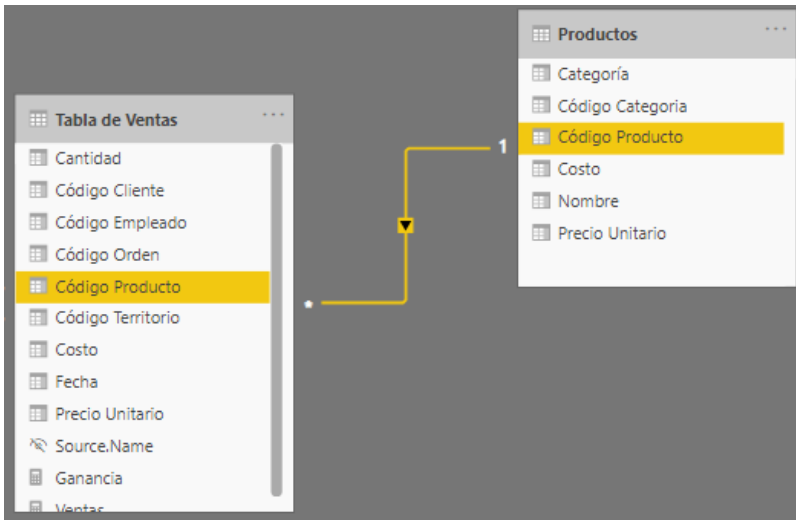


Nota. Tomado de Microsoft (s.f.)

En la Figura 16 se puede ver un ejemplo, donde se muestra una base de datos de ventas, que la puede tener un establecimiento en específico y en la otra, datos de los productos que se pueden manejar a nivel administrativo; ambas comparten una información en común que es el código del producto. A partir de allí se podrá conocer la información de ambas partes como si fuera una sola base de datos.

Figura 16

Ejemplo de modelado



Nota. Tomado de Torres (s.f.)

1.4.2 Power Query Editor

Esta parte de la plataforma requiere un poco más de análisis, orden y conocimiento de conceptos básicos de matrices. Para poder obtener los gráficos se necesita saber qué es lo que se requiere representar, con esto se puede tratar los datos con las distintas opciones que ofrece Power Query. El nivel más avanzado implica conocimiento de expresiones de análisis de datos (DAX) que es un lenguaje de expresiones de fórmulas, así como la interacción con otros lenguajes de programación como Python.

Figura 17

Power Query

La imagen muestra la interfaz de usuario del editor de Power Query. El menú superior incluye Home, Transform, Add column, View y Help. El panel central muestra una tabla de datos con las siguientes columnas: CustomerID, CompanyName, ContactName, ContactTitle, Address, City y Region. El panel de la derecha muestra 'Query settings' con propiedades como Name (Customers) y Entity type (Custom). Los marcadores numerados indican: 1. Menú de opciones; 2. Panel de consultas; 3. Tabla de datos; 4. Panel de configuración de consulta; 5. Botón de guardar.

CustomerID	CompanyName	ContactName	ContactTitle	Address	City	Region
1	ALFKI	Alfreds Futterkiste	Maria Anders	Sales Representative	Obere Str. 57	Berlin
2	ANATR	Ana Trujillo Emparedados y helader...	Ana Trujillo	Avda. de la Constitución 2222	México D.F.	null
3	ANTON	Antonio Moreno Taquería	Antonio Moreno	Mataderos 2312	México D.F.	null
4	AROUT	Around the Horn	Thomas Hardy	120 Hanover Sq.	London	null
5	BERGS	Berglunds snabbköp	Christina Berglund	Berguvägen 8	Luleå	null
6	BLAUS	Blauer See Delikatessen	Hanna Moos	Sales Representative	Forsterstr. 57	Mannheim
7	BLONP	Blondesdidi père et fils	Frédérique Citeaux	Marketing Manager	24, place Kléber	Strasbourg
8	BOLID	Bólido Comidas preparadas	Martin Sommer	Owner	C/ Araquil, 67	Madrid
9	BONAP	Bon app'	Laurence Labihan	Owner	12, rue des Bouchers	Marseille
10	BOTTM	Bottom-Dollar Markets	Elizabeth Lincoln	Accounting Manager	23 Tsawassen Blvd.	Tsawassen BC
11	BSBEV	B's Beverages	Victoria Ashworth	Sales Representative	Fauntleroy Circus	London
12	CACTU	Cactus Comidas para llevar	Patricio Simpson	Sales Agent	Cerrito 333	Buenos Aires
13	CENTC	Centro comercial Moctezuma	Francisco Chang	Marketing Manager	Sierras de Granada 9993	México D.F.
14	CHOPS	Chop-suey Chinese	Yang Wang	Owner	Hauptstr. 29	Bern
15	COMMI	Comércio Mineiro	Pedro Afonso	Sales Associate	Av. dos Lusíadas, 23	Sao Paulo SP
16	CONSH	Consolidated Holdings	Elizabeth Brown	Sales Representative	Berkeley Gardens 12 Brewery	London
17	DRACD	Drachenlüt Delikatessen	Sven Ottlieb	Order Administrator	Walserweg 21	Aachen
18	DUMON	Du monde entier	Janine Labrune	Owner	67, rue des Cinquante Otages	Nantes

Nota. Tomado de Microsoft (s.f.)

En la Figura 17 se puede apreciar una división en secciones importantes del Power Query, estas permiten tratar los datos de una manera ordenada y un control de todos los cambios o transformaciones que sufren las filas y columnas.

- Cinta de opciones.
- Panel consultas.
- Vista actual.
- Configuración de consulta.
- Barra de estado.





Capítulo 2

Aplicación del POWER BI y resultados

2.1 Descripción de la implementación

La implementación de la plataforma, en este caso necesitó de las siguientes etapas: propuesta de la plataforma para el manejo de los indicadores, creación de la base de datos en Excel, cargar la base de datos y tratamiento de esta en el Power Query, generación de indicadores, diseño de los *dashboards* y finalmente una verificación.

La propuesta del uso de la plataforma surge a partir de la necesidad de aplicar la mejora para el manejo de los indicadores, la cual debe poseer el visto bueno de la jefatura y los interesados. Al tener esta aprobación se procedió a reunir la información necesaria para crear la base de datos. Esta información proviene de toda la data reunida de años anteriores como pueden ser: paradas no programadas, avisos y ordenes de mantenimiento, etc. Así mismo de data actualizada diariamente.

Con la base de datos completamente segmentada y ordenada se procede a cargar la información de Excel al Power Query, donde se le aplicará el tratamiento necesario, el cual debe distinguir principalmente: la definición de los encabezados de columnas, el tipo de datos (decimales, texto, fecha, etc.), la eliminación de información irrelevante (filas o columnas).

Luego de preparar toda la información, se procede a generar los indicadores utilizando principalmente las medidas de Power Bi, que permiten aplicar código DAX para aplicar las ecuaciones necesarias y las medidas rápidas que se basa en atajos para calcular más rápido algún dato adicional.

Con los indicadores generados se procede a diseñar los *dashboards*, para esto se deben escoger los tipos de gráficos adecuados, la distribución de estos en la hoja de presentación y las características visuales como colores, tipo de letra entre otros. Finalmente se contrasta toda la información de la forma que se desee, en este caso se procedió a contrastar con gráficos anteriores utilizadas en Power Point, se observaron concordancias con cada gráfico y valores, obteniendo el visto bueno por jefatura.

En la Figura 18 se puede apreciar el primer *dashboard*, el cual muestra un resumen anual de los indicadores, las gráficas muestran en la sección disponibilidad, una comparativa ente el valor proyectado anual y el real.

Figura 18

Resumen anual de los indicadores



El *dashboard* que se muestra a continuación en la Figura 19, es una evolución mes a mes de los indicadores de mantenimiento como el OEE, disponibilidad, atención de avisos, ejecución del plan semanal, *stock* valorado y presupuesto de mantenimiento del año 2023. En esta vista se puede apreciar las líneas punteadas que representan los valores objetivos o proyectados para poder tener una referencia en la toma de decisiones cuando esos valores se alejen fuertemente de los objetivos.

Figura 19

Dashboard de evolución de los indicadores 2023



Para poder analizar los indicadores con criterio, es necesario tener información y conocimientos más profundos del proceso, así poder reconocer los eventos que puedan causar una alerta sobre los valores reales. En marzo se aprecia una caída del OEE y de la disponibilidad total, pero un alza en la disponibilidad de mantenimiento. Esto es porque en marzo se generaron faltas de materia prima para la producción, por los efectos de las lluvias, con baja disponibilidad total por los mismos efectos. En cambio, la disponibilidad de mantenimiento tiene un valor más alto debido a que al tener la planta parada bastante tiempo, las paradas por problemas mecánicos, eléctricos o de automatización son mucho menores.

De igual forma para la atención de avisos, ejecución del plan de mantenimiento, stock valorado y presupuesto, se puede apreciar que en el mes de marzo tienen una fluctuación bastante notoria. En este mes al realizarse la parada anual, la ejecución del plan de mantenimiento aumenta debido a la buena planificación, el stock valorado crece en el área de proyectos debido a los repuestos que ingresaron para usarse en los casi 23 días planificados de parada. El presupuesto de mantenimiento proyectado para marzo también fue algo mayor que el resto de los meses.

Para la vista del diagrama de Pareto que se aprecia en la Figura 20, se tienen filtros para poder ver la fecha específica, el equipo que acumula más horas de parada y la suma de las horas por tipo de mantenimiento en un gráfico tipo cascada. Dos tablas inferiores muestran el detalle de la falla, indicando si posee TASC y si ésta se encuentra ejecutada o pendiente.

Figura 20

Diagrama de Pareto



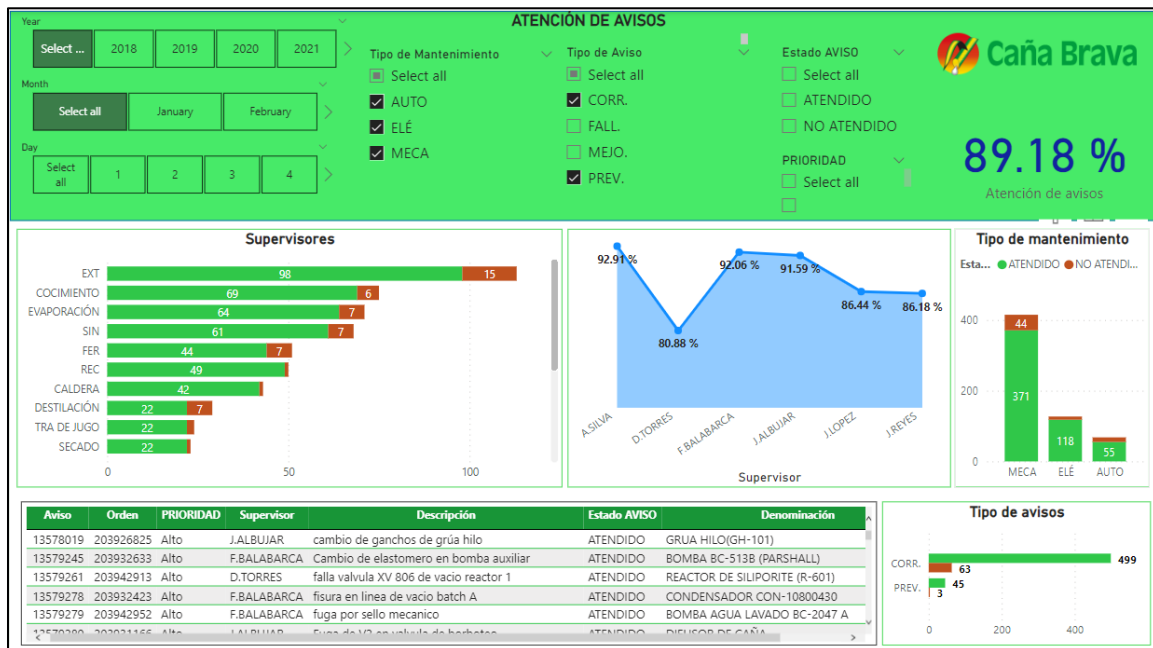
En la Figura 21, la gestión de los avisos posee mucho más detalles y filtros que pueden ayudar a dar prioridad de atención, en esta vista se puede verificar el área donde se ha

generado el aviso, el supervisor encargado, el tipo de mantenimiento a cargo de la atención, una descripción detallada en una tabla con toda la información necesaria para la trazabilidad y finalmente el tipo de aviso.

El cumplimiento de todos los avisos filtrados se encuentra resaltado para poder tener un valor porcentual y compararlo con el objetivo planteado.

Figura 21

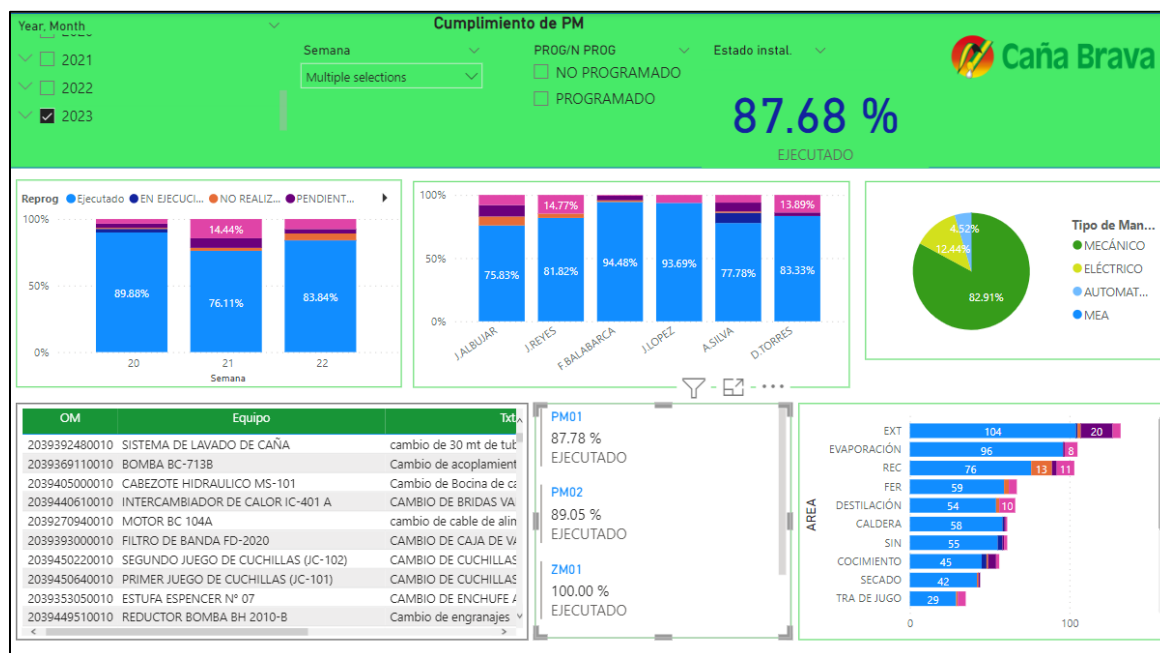
Atención de avisos



Finalmente, la vista de la Figura 22, muestra la ejecución del plan de mantenimiento semana a semana. Se puede filtrar el plan de mantenimiento programado y no programado, el porcentaje del tipo de mantenimiento que más se realiza, siendo como muestra la imagen siempre el mantenimiento mecánico. Se visualiza también la ejecución por supervisor, y la especificación del mantenimiento preventivo, correctivo o mejora en una tarjeta de varias filas. Una vez filtrada la información deseada se puede hacer la trazabilidad en el sistema SAP con la OM. Donde el supervisor podrá cargar los materiales necesarios para la ejecución de los trabajos.

Figura 22

Cumplimiento del plan de mantenimiento



2.2 Casos de aplicación en la empresa

En las reuniones semanales de mantenimiento, se analizan los indicadores, se analiza las posibles causas de los valores mostrados, tratando en lo posible de detallar todo lo relevante. Esto sirve para que surja una lluvia de ideas que luego, se conviertan en acuerdos para la toma de decisiones, análisis de fallas u otras acciones. De los últimos casos ocurridos en planta en los siguientes apartados, se verán dos casos de ejemplo donde se pudo tomar decisiones a partir de la información analizada en Power Bi, sobre fallas que afectaban fuertemente al OEE.

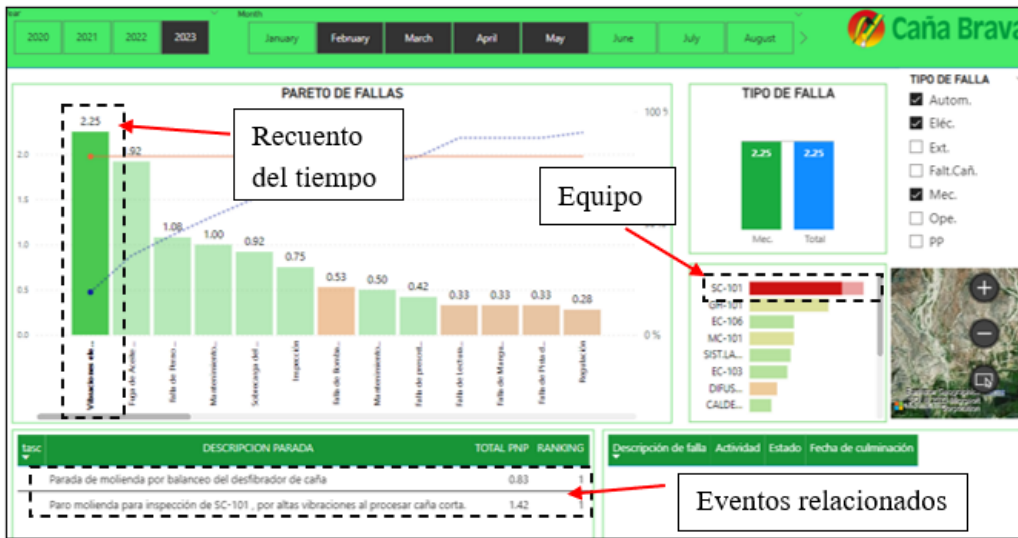
2.2.1 Alineamiento del desfibrador de caña y generación de TASC

Una de las reuniones realizadas en el mes de mayo, mostraba en el diagrama de Pareto, una falla que se volvía cada vez más crítica, y afectaba fuertemente al OEE. Aumentando el tiempo de paradas por mantenimiento en 2.25 horas, por inspecciones predictivas que arrojaban valores elevados de envoltorio en el análisis vibracional.

En la Figura 23 se puede apreciar que entre el mes de febrero y mayo la parada más relevante es la del equipo desfibrador.

Figura 23

Vibraciones elevadas en SC-101

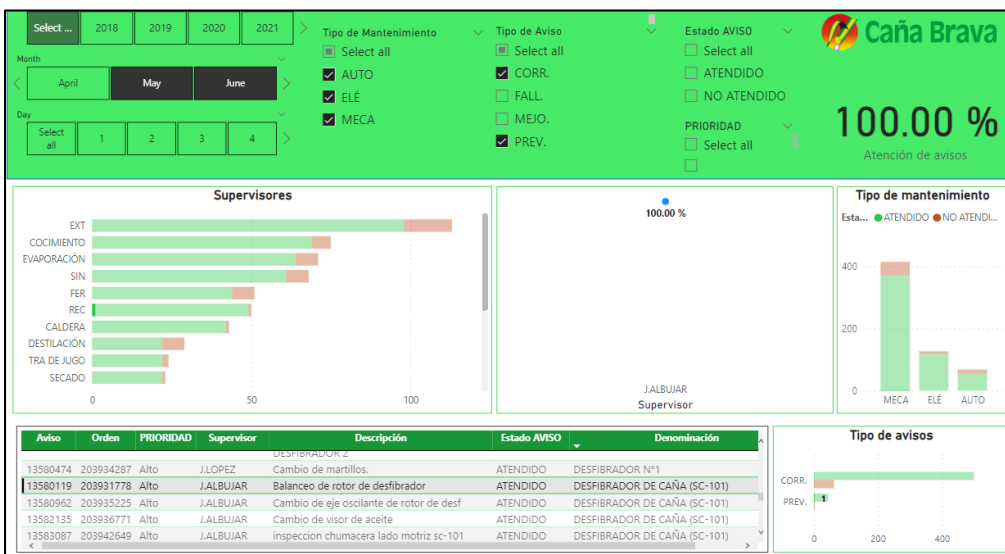


Al verificar que este problema que se presenta en el desfibrador de caña (SC-101), se visualiza que en esos días ya se ha generado un aviso para poder realizar alguna intervención como se muestra en la

El aviso se atendió generándoles una OM, que saldría en la próxima parada de martillos y cuchillas, debido a que al ser uno de los equipos críticos dentro del proceso de extracción se debe tener el máximo tiempo posible operativo. Con lo cual no se puede atender este equipo mientras el área de extracción se encuentre en operación.

Figura 24

Aviso por balancero del SC-101



En la reunión de avisos de la parada de martillos y cuchillas, saltó a la vista el aviso de balanceo de rotor desfibrador. Este trabajo se analizó a nivel de tiempo de ejecución y se descartó que se pueda realizar en menos de 5 horas de parada de matillos.

Se decidió programar una inspección y análisis vibracionales para verificar los parámetros con una empresa especialista.

Además, se acordó que, a partir de los datos obtenidos y analizados en esta parada de 5 horas, se programaría el balanceo del rotor del desfibrador en la parada de 2 días, donde había tiempo suficiente para realizar dicha actividad.

Una vez que se realizó el balanceo del rotor del desfibrador, se procedió a notificarlo en el sistema SAP para que en próximas reuniones no vuelva a salir como pendiente. Como se ve en la Figura 25 se encuentra como ejecutado.

Figura 25

Ejecución de balanceo de rotor del SC-101



Al final de la reunión, después de unas semanas, en la revisión del diagrama de Pareto se pudo ver como esta falla afecta directamente al OEE. Se verificó que se había registrado la ejecución de el balanceo. Al final, la jefatura necesitaba saber cuál era el problema, cómo solucionarlo y que no vuelva a suceder. Por lo tanto, quedó como acuerdo el realizar una TASC sobre vibraciones en desfibrador. Teniendo como responsables al supervisor de producción, *planner* de mantenimiento y supervisor de mantenimiento. Esto con una fecha de compromiso.

Tabla 4*Acuerdo N°96*

N°	Acuerdo	Responsable	Fecha de compromiso	Estado
96	TASC – vibraciones altas en desfibrador	SUP. Produccion/Planner de Mantenimiento/ Mantenimiento	25/06/2023	Culminado

En la inspección en campo en el proceso de balanceo se detectó que algunos de los martillos se encontraban rotos, lo cual generaba un desequilibrio en el rotor, sin saber cuál era la causa exacta de la rotura se deduce que algún cuerpo extraño (piedra o metal) pudo haber impactado. A partir de allí se pudo evaluar la causa raíz siguiendo el procedimiento de la TASC y proponiendo las acciones correspondientes como el que se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5*Plan de acción de TASC – Vibraciones altas en desfibrador*

Controles y responsables				
ítem	Causa básica raíz	Controles por realizar	Responsable (s)	Fecha de culminación
8	Inadecuado liderazgo y/o supervisión (Ver 1,2,3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18)	y/o NAC Ejecutar análisis predictivo e inspecciones después de impactos con cuerpos extraños	Equipo predictivo	Permanente
8	Inadecuada planificación o programación de trabajo	Realizar correcta inspección de los martillos y cuchillas en las paradas de mantenimiento semanal	Supervisor de mantenimiento	Permanente
9	Ingeniería inadecuada (Ver 1,3,4,9,12,14)	NAC: Evaluación y eliminación correcta de la falla en el equipo	Supervisor de mantenimiento	Permanente
11	Inadecuada evaluación de condiciones operacionales	Contar con equipos de análisis predictivos en buen estado y actualizados para suplir las necesidades de medición de vibraciones	Equipo predictivo	Permanente

2.2.2 Propuesta de mejora en la cadena EC-106

En la siguiente aplicación, se puede apreciar que las acumulaciones por parada de la cadena EC-106³ son varias. La mayoría debido a rotura de pernos. En la Figura 26 se puede ver que, en el mes de mayo, el segundo equipo más golpeado por paradas imprevistas es la cadena del transportador EC-106.

En mayo se aprecia un tiempo de 1.08 horas de parada, afectando al valor objetivo de paradas mensuales. En una reunión de mantenimiento, se acordó por parte del supervisor, realizar una mejora con la finalidad de disminuir las paradas por este motivo, eliminando la causa raíz.

Figura 26

Paradas de mayo



Si se revisa a detalle las paradas ocasionadas por el equipo, se puede apreciar como en la Figura 27 se acumula una gran cantidad de eventos, los cuales son debido a roturas de pernos de taliscas.

³ EC – 106 es un transportador de cadena y taliscas metálicas que lleva la caña molida desde el difusor hasta el molino de secado.

Figura 27*Tabla de fallas del EC-106*

tasc	DESCRIPCION PARADA	TOTAL PNP	RANKING	%A
	Molienda paro para retirar talisca por rotura de perno del EC-106.		1	
	molienda paro por desajuste de plancha del chute del EC-106.		1	
	molienda paro por rotura de cadena del transportador EC-106		1	
	Molienda paro por rotura de perno de talisca del EC-106		1	
	Molienda paro por rotura de perno de talisca del transportador EC-106		1	
	molienda paro por rotura de perno en talisca del transportador EC-106		1	
	molienda paro por salida de rondana del transportador EC-106		1	
	molienda paro por trabajos en transportador EC-106 y EC-107		1	
	Para molienda por paradas constantes del EC-106 por masa superior embagazada.		1	
	para molienda por rotura de perno de talisca de EC-106 se tubo que parar para cambiar talisca.		1	
	para molienda por trip de EC-106 acumulación de bagazo en chute de MS-101	1.33	1	
	Parada de molienda para cambiar eslabón en transportador EC-106		1	

Como se ve en la Figura 28 el transportador EC-106 es un transportador de cadenas, donde las taliscas se unen a la cadena mediante unos pernos M36 x 80 Grado 8 con tuerca y anillo de presión. El principal problema es que el perno es con hilo corrido, lo que provoca que, con las altas vibraciones de las taliscas, el hilo sufre un fuerte desgaste elevando la posibilidad de una rotura.

Figura 28*Transportador EC-106 y unión Cadena-Talisca*

Con este problema, surge la propuesta por parte del supervisor del área, haciendo la sugerencia de mejora, en cambiar el uso de pernos con hilo corrido por el uso de pin con pasador como el de la Figura 29 o el uso de pernos con hilo parcial como el que muestra en la Figura 30.

Figura 29

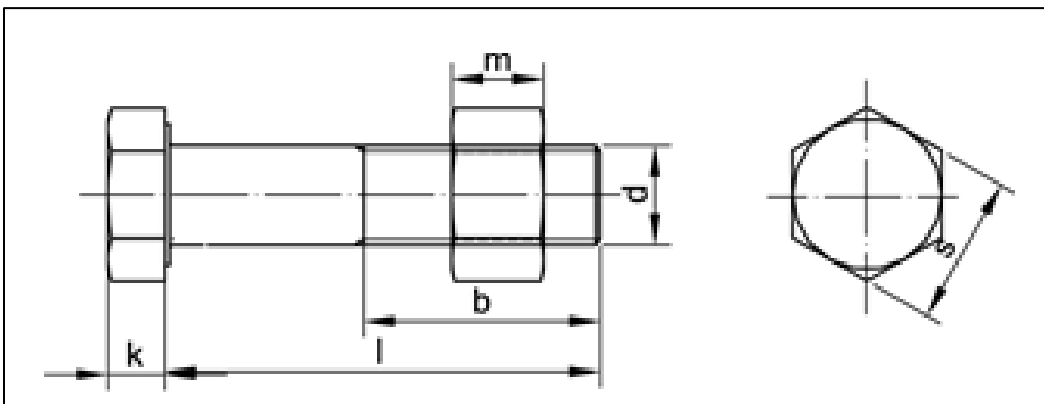
Pin con pasador



Nota. Tomado de MSC (s.f.)

Figura 30

Perno hilo parcial



Nota. Tomado de Portal de dibujo técnico(s.f.)

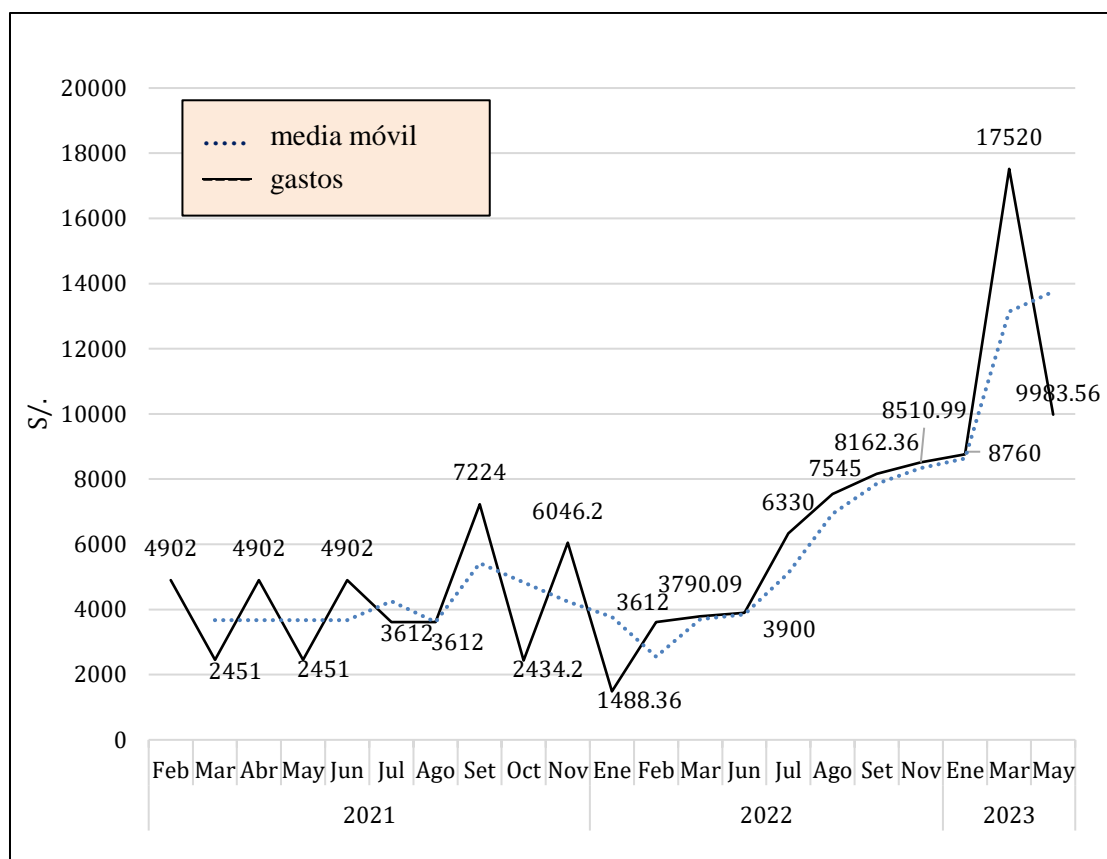
Como se mencionó en el capítulo 1 la capacidad de molienda de la planta es 4300 toneladas de caña por día. En el caso de este evento de falla con 1.08 horas de parada, genera una disminución de 248.4 toneladas de caña a una velocidad nominal de 230 ton/h. Al final del día el total de molienda fue de 3698 toneladas. Cabe resaltar que ese mismo día se tuvo 8.96 horas de paradas no programadas, las cuales fueron principalmente por falta de caña en fábrica. El OEE fue de 72.4%.

En la Figura 31 se puede ver un historial del gasto por cambio de pernos en la cadena del EC-106, se puede notar gracias a la media móvil (línea punteada) que en el inicio del año 2021 el gasto promedio se mantuvo casi constante, en comparación con los años 2022 y 2023

donde se aprecia un gasto bastante elevado. Es justamente en estos años donde se han venido teniendo las mayores acumulaciones de parada por rotura de pernos. La principal razón de estos aumentos es por los gastos de mantenimiento correctivo. En el caso de optar por algunas de las propuestas mencionadas, se podría tener un ahorro importante y mantener una frecuencia de cambio fija mensual, así se podría distribuir mejor el presupuesto y no tener picos como los que se muestran en la Figura 31 de S/. 17 520.00 y S/. 9983.56 que abarcan parada anual y parada de 02 días respectivamente. Así mismo, beneficiaría al OEE debido a que reduciría las paradas imprevistas por desgaste de pernos.

Figura 31

Gastos asociados al cambio de pernos en la cadena EC-106



Conclusiones

Después de realizar la aplicación de Power Bi para la gestión de indicadores, se obtienen las siguientes conclusiones:

La implementación de Power BI para la gestión de indicadores o KPI de mantenimiento ha demostrado ser altamente beneficiosa para el área de extracción. La plataforma proporciona una amplia gama de herramientas de visualización de datos y capacidades de análisis, lo que permite al área de mantenimiento tomar decisiones informadas y basadas en datos del proceso productivo de la empresa.

La plataforma, facilita la recopilación y consolidación de datos de mantenimiento dispersos, en una única base de datos. Esto reduce la carga administrativa, al mismo tiempo que mejora la forma de utilizar los datos para medir los indicadores de rendimiento clave.

Mediante la implementación de *dashboards* interactivos en Power BI, se ha observado una mejora significativa en la capacidad de seguimiento y monitoreo de los indicadores de mantenimiento en el área de extracción por parte de los supervisores y jefatura. Los supervisores y el *planner* pueden identificar rápidamente áreas problemáticas, equipos críticos, desviaciones y tendencias negativas en el OEE y disponibilidad, lo que permite tomar medidas preventivas y correctivas de manera oportuna con el seguimiento de los avisos y el plan de mantenimiento.

En el caso de la propuesta de mejora en la cadena del transportador EC-106, la implementación de Power BI demostró ser efectiva para recopilar el tiempo de parada, analizar las posibles causas y visualizar el historial de falla en el diagrama de Pareto. La herramienta permitió identificar la deficiencia en el uso de hilo corrido en los pernos acoplantes de taliscas, debido a que se tenían varios eventos de parada imprevista por rotura de estos.

Con las propuestas de mejora en la cadena del EC-106, se espera que el cambio de pernos sea en mayoría por mantenimiento preventivo y se normalice en una frecuencia mensual como en la mitad del año 2021 según el historial de la Figura 31. En promedio los gastos mensuales generados por el cambio de pernos entre el 2021 y 2023 (hasta la fecha de análisis) es de S/. 6059.01 por mes, en el caso de mejorar las condiciones la proyección de gasto mensual para el cambio de los pernos sería en promedio de S/. 3495.29 por mes. Con esto se estaría ahorrando en promedio una cantidad de S/.2563.72 por mes, lo que significa aproximadamente 30 mil soles al año que se podrían destinar a otros gastos igualmente importantes.

En el caso del alineamiento del desfibrador y generación de la TASC, con el seguimiento del plan de acción en el Power Bi, se espera que después de los impactos imprevistos de martillos con objetos extraños registrados y analizados en el Pareto de fallas, se tenga un seguimiento de las condiciones de trabajo e inspecciones programadas para descartar que se

haya causado algún problema grave en el desempeño del equipo y que genere paradas no programadas. Con esto se busca reducir el impacto negativo de -10% en el OEE, procurando que el tiempo de operación neta sea igual al tiempo de operación proyectado, es decir: $t_{net} = t_{ope}$.

Para las 1.42 horas de parada para inspección del desfibrador, que no tuvieron los resultados esperados, si es que se realiza la correcta evaluación por parte del equipo predictivo después de los impactos por materiales extraños y planificando la fecha de atención adecuada, se lograría reducir la imputación de parada por mantenimiento mecánico, pasando a ser parte de las paradas programadas y generando una ganancia de casi 327 toneladas de caña molida corriendo la molienda a 230 toneladas por hora.



Referencias

- Alvarez, A. (Abril de 2013). pirhua. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1740/ING_528.pdf?sequence=1
- Cajamarca, P. (2018). Repositorio. Obtenido de UTMACH: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12289/1/ECUACE-2018-CA-DE00792.pdf>
- Caña Brava. (2023). Nuevo cimplicity.
- Caña Brava. (24 de Abril de 2011). issuu. Obtenido de https://issuu.com/gcbrava/docs/etanol_paso_a_paso
- Caña Brava. (Octubre de 2014). Caña Brava, empresa productora de etanol en Piura. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=0mRu0YC2MpY>
- Cruelles, J. (2010). La Teoría de la Medición del Despilfarro. Toledo, España: Artef.
- Díaz , C., Catari, D., Murga, C., Díaz, G., & Quezada , V. (2020). Efectividad general de equipos (OEE) ajustado por costos. Interciencia, 158-163.
- ENAE. (2019). Obtenido de https://www.enaes.es/blog/power-bi-la-herramienta-de-moda-en-gestion-de-datos?_adin=02021864894#gref
- Ferber. (2013). Características de los difusores y su aplicación en la extracción del jugo de caña. III Congreso AETA, Sep.18-20 del 2013. Guayaquil-Ecuador. Guayaquil.
- Fuentes, L. (2019). Automatización de reportes de indicadores de gestión para la dirección de gestión calidad y creación de indicadores para la gerencia de mantenimiento en postobón S.A. Medellín: Universidad de Antioquía.
- Godoy, M. (2022). Gestión del mantenimiento predictivo con business intelligence BI. Talcahuano: Universidad Andrés Bello.
- Mendoza, M., López, J., Farías , E., & Alarcón, C. (Noviembre de 2017). Repositorio. Obtenido de PUCP: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12288/MENDOZA_LOPEZ_DIAGNOSTICO_CHIRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Microsoft. (22 de Junio de 2021). Microsoft. Obtenido de <https://customers.microsoft.com/en-us/story/1372360444313047483-chevron-energy-teams>
- Microsoft. (s.f.). Learn. Obtenido de <https://learn.microsoft.com/es-es/power-query/power-query-ui>
- Microsoft. (s.f.). Power BI. Obtenido de <https://powerbi.microsoft.com/es-es/desktop/>

Ministerio Público Fiscalía de la Nación. (s.f.). MPFN. Obtenido de https://www.mpf.n.gob.pe/escuela/contenido/actividades/docs/3948_protocolo_para_la_investigacion_de_accidentes_de_trabajo..pdf

MSC. (s.f.). msdirect. Obtenido de <https://www.msdirect.com/product/details/67927962>

Ordinola, G. (2022). Aplicación del software Power BI como herramienta de cálculo de KPI's en el sistema de carguío, acarreo y transporte. Unidad minera cerro lindo. ICA. Piura: Universidad Nacional de Piura.

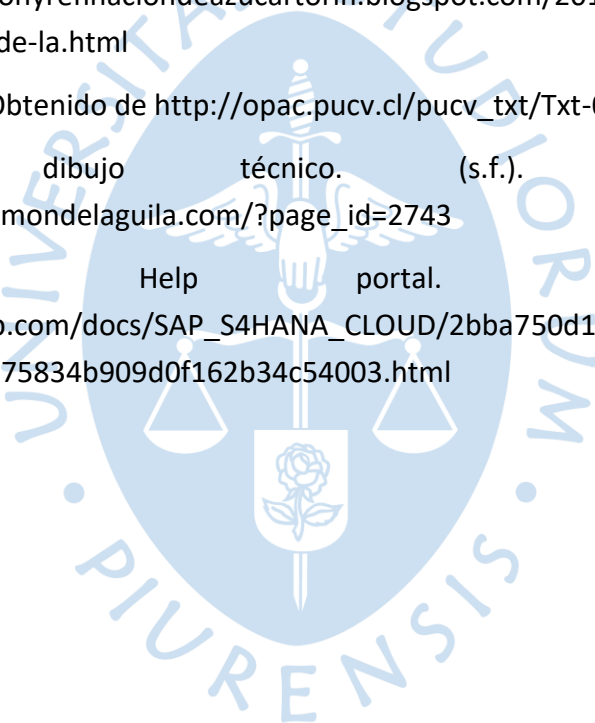
Orozco, C. (Junio de 2021). Repositorio. Obtenido de Universidad de Lima: https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/14054/Orozco_Estudio-implementaci%C3%B3n-sistema.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pastor, J. (18 de Octubre de 2014). Blogspot. Obtenido de <https://extraccionrefinaciondeazucartorin.blogspot.com/2014/10/maquinaria-para-la-preparacion-de-la.html>

Pérez, G. (s.f.). PUCV. Obtenido de http://opac.pucv.cl/pucv_txt/Txt-0000/UCB0384_01.pdf

Portal de dibujo técnico. (s.f.). Obtenido de http://dibujo.ramondelaguila.com/?page_id=2743

SAP. (s.f.). Help portal. Obtenido de https://help.sap.com/docs/SAP_S4HANA_CLOUD/2bba750d1e124e1ea2a039bb1cd9b6c5/5be0d88775834b909d0f162b34c54003.html

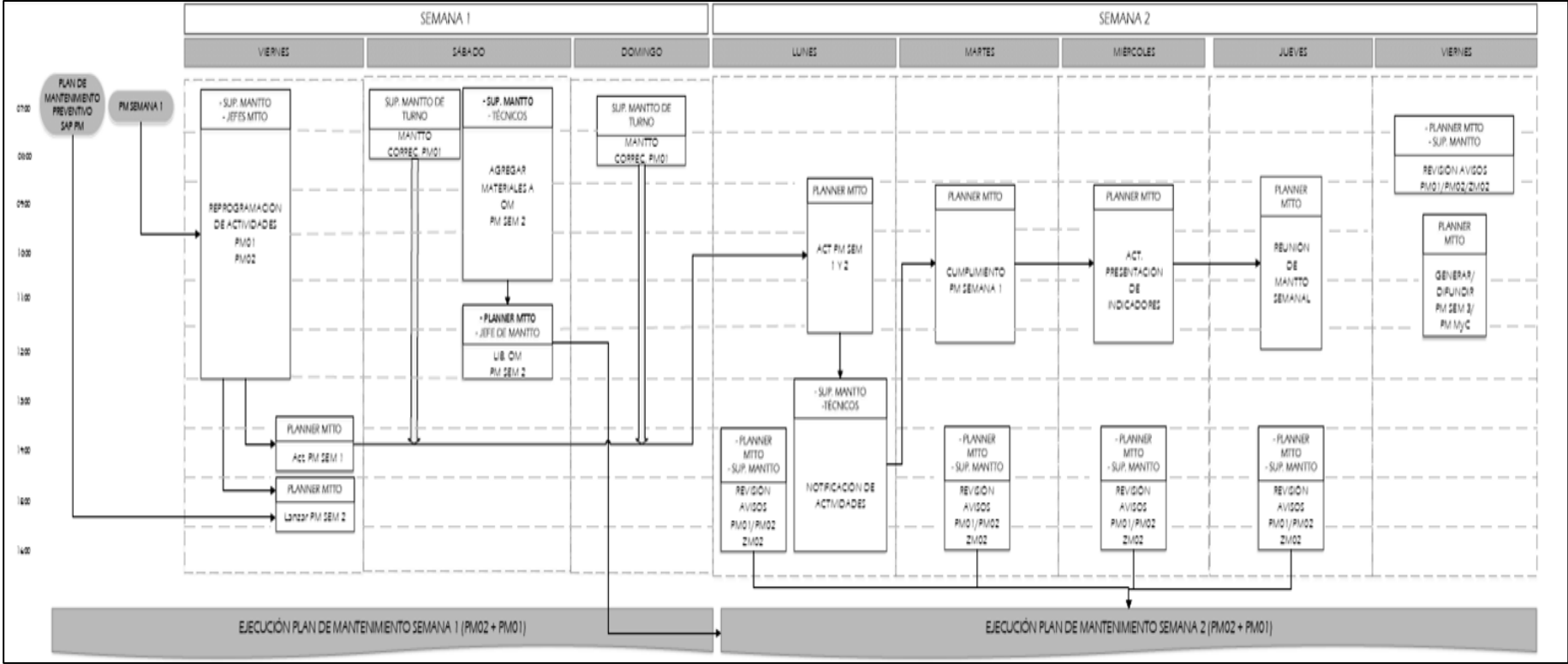


Anexos





Anexo A Flujo de planificación de mantenimiento



Nota. Formato tomado de base de datos de área de mantenimiento Caña Brava

Anexo B Técnica de análisis sistemático de las causas

Tabla SCAT Técnica de Análisis Sistemático de las Causas Tabla SCAT

DESCRIPCION DE UN ACCIDENTE O UN INCIDENTE

Potencial de Severidad de Pérdida

Mayor (A) Grave (B) Menor (C)

EVALUACION POTENCIAL DE PERDIDA SI NO ES CONTROLADO

Probabilidad de Ocurrencia

Alta (A) Moderada (B) Rara (C)

Frecuencia de Exposición

Grande (A) Moderada (B) Baja (C)

Tipo de Contacto o Cuasi Contacto con Energía o Sustancia

1. Golpeado Contra (chocar contra algo) (Ver CI 1,2,4,5,10,14,15,16,17,18,19,20)
2. Golpeado por (Impactado por objeto en movimiento) (Ver CI 1,2,4,5,6,9,10,12,13,14,15,16,20,26)
3. Caída a un nivel más bajo (Ver CI 3,5,6,7,11,12,13,14,15,16,17,22)
4. Caida en el mismo nivel (Resbalar y caer, Tropezar) (Ver CI 4,9,10,14,15,16,17,18,22,26)
5. Atropello (Pasar de Peleto y Mordida)
6. Engaño (Empujado, Colgado) (Ver CI 9,8,11,12,13,14,15,16,18)
7. Atropello entre o debajo (Chocado, Ampollado) (Ver CI 1,2,5,6,9,11,12,13,14,15,16,22,26)
8. Contacto con (Electricidad, Calor, Fuego, Radiación, Caídas, Torsión, Ruido) (Ver CI 5,6,7,11,12,13,14,15,16,17,18,20,21,23,24, 25,27, 28)
9. Sobremedición. Sobre esfuerzo, Sobrecarga (Ver CI 6, 9,10,11,13,14,15)

(CI) Causas Inmediatas o Directas (CI)

ACTOS SUBSTANTIVOS-INSURDOS

1. Quitar estado de activación (Ver CI 2,4,5,7,8,12,13)
2. Cambio de nivel (Ver CI 1,2,4,4.5,7,8,12,13,15)
3. Cambio de Angulo (Ver CI 2,4,5,7,8,12,13,15)
4. Copiar a nivel más bajo (Ver CI 3,4,5,7,8,11,12,13,15)
5. Desactivar dispositivo de seguridad (Ver CI 2,3,4,5,7,8,12,13,15)
6. Usar equipo defectivo (Ver CI 2,3,4,5,7,8,11,12,13,14,15)
7. No usar el EPP correctamente (Ver CI 2,3,4,5, 7,8,12,13,15)
8. Correr innecesario (Ver CI 1,2,3,4,5, 6, 7,8, 9, 12,13,15)
9. Colocación incorrecta (Ver CI 1,2,3,4,5, 6, 7,8, 9,12,13,15)
10. Levantar innecesariamente (Ver CI 1,2,3,4,5, 6, 7, 8, 9,12,13,15)
11. Pulsion innecesaria (Ver CI 2,3,4,5, 6, 7, 8, 9,12,13,15)
12. Desactivar o operar en funcionamiento (Ver CI 2,3,4,5, 6, 7, 8,9,12,13,15)
13. Apagar (Ver CI 2,4,5,7,8,11,15)
14. No usar los límites de altura por áreas peligrosas (Ver CI 2,4,5,7,8,13,15)
15. Usar niveles de Efecto (Ver CI 1,2,3,4,5,7,8,9,12,13,15)
16. Pulsion excesiva innecesaria (Ver CI 2,3,4,5,7,8,11,12,13,15)
17. Operar de activación innecesario o inadecuado (Ver CI 2,3,4,5,7,8,11,12,13,15)
18. Manipular, Copiar o Mover los dispositivos (Ver CI 6,9,10,11,12,13,14,15)
19. Temperatura excesiva (Ver CI 5,6,7,11,12,13,14,15)
20. Conectar o desconectar (Ver CI 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15)
21. Temperatura excesiva (Ver CI 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15)
22. Humedad excesiva o excesiva (Ver CI 6,9,10,11,12,13,14,15)
23. Ventilación inadecuada (Ver CI 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)
24. Condiciones Ambientales Peligrosas (Ver CI 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15)

CONDICIONES SUBSTANTIVAS-INSURDAS

17. Operar de activación innecesario o inadecuado (Ver CI 2,3,4,5,7,8,11,12,13,15)
18. Manipular, Copiar o Mover los dispositivos (Ver CI 6,9,10,11,12,13,14,15)
19. Temperatura excesiva (Ver CI 5,6,7,11,12,13,14,15)
20. Conectar o desconectar (Ver CI 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15)
21. Temperatura excesiva (Ver CI 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15)
22. Humedad excesiva o excesiva (Ver CI 6,9,10,11,12,13,14,15)
23. Ventilación inadecuada (Ver CI 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)
24. Condiciones Ambientales Peligrosas (Ver CI 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15)

(CB) Causas Básicas / Subyacentes (CB)

FACTORES PERSONALES

1. Capacidad Física / Fisiológica Inadecuada (Ver NAC 5,9,13,17,18)
- 1.1 Estado físico, tamaño, sexo, edad, etc. Inadecuados
- 1.2 Capacidad de movimiento corporal
- 1.3 Capacidad de trabajar o mantener posiciones de cuerpo
- 1.4 Ausencia de estabilidad emocional
- 1.5 Sensibilidad a cambios ambientales
- 1.6 Defecto de coordinación
- 1.7 Otros defectos sensoriales (vista, gusto, oído, equilibrio)
- 1.8 Inapropiada respiración
- 1.9 Otros aspectos físicos que interfieren
- 1.10 Inadecuados hábitos
2. Capacidad Psico-fisiológica Inadecuada (Ver NAC 5,9,13,17,18)
- 2.1 Estado de ánimo
- 2.2 Alteración emocional
- 2.3 Diferencial Mental
- 2.4 Nivel de motivación
- 2.5 Inadecuado plan de Compensación
- 2.6 Desconocimiento
- 2.7 Mala coordinación
- 2.8 Tiempo largo de reacción
- 2.9 Baja aptitud intelectual
- 2.10 Baja aptitud para el aprendizaje
- 2.11 Falta de memoria
3. Tensión Física o Psíquica (Ver NAC 4,5,11,12,15,16,20)
- 3.1 Letargo / Ostracismo
- 3.2 Falta de energía o falta de atención
- 3.3 Falta de atención
- 3.4 Falta de motivación
- 3.5 Falta de concentración
- 3.6 Falta de coordinación
- 3.7 Falta de memoria
- 3.8 Falta de atención
- 3.9 Falta de concentración
- 3.10 Falta de memoria
- 3.11 Falta de atención
- 3.12 Falta de concentración
- 3.13 Falta de memoria
- 3.14 Falta de atención
- 3.15 Falta de concentración
- 3.16 Falta de memoria
- 3.17 Falta de atención
- 3.18 Falta de concentración
- 3.19 Falta de memoria
- 3.20 Falta de atención
- 3.21 Falta de concentración
- 3.22 Falta de memoria
- 3.23 Falta de atención
- 3.24 Falta de concentración
- 3.25 Falta de memoria
- 3.26 Falta de atención
- 3.27 Falta de concentración
- 3.28 Falta de memoria
- 3.29 Falta de atención
- 3.30 Falta de concentración
- 3.31 Falta de memoria
- 3.32 Falta de atención
- 3.33 Falta de concentración
- 3.34 Falta de memoria
- 3.35 Falta de atención
- 3.36 Falta de concentración
- 3.37 Falta de memoria
- 3.38 Falta de atención
- 3.39 Falta de concentración
- 3.40 Falta de memoria
- 3.41 Falta de atención
- 3.42 Falta de concentración
- 3.43 Falta de memoria
- 3.44 Falta de atención
- 3.45 Falta de concentración
- 3.46 Falta de memoria
- 3.47 Falta de atención
- 3.48 Falta de concentración
- 3.49 Falta de memoria
- 3.50 Falta de atención
- 3.51 Falta de concentración
- 3.52 Falta de memoria
- 3.53 Falta de atención
- 3.54 Falta de concentración
- 3.55 Falta de memoria
- 3.56 Falta de atención
- 3.57 Falta de concentración
- 3.58 Falta de memoria
- 3.59 Falta de atención
- 3.60 Falta de concentración
- 3.61 Falta de memoria
- 3.62 Falta de atención
- 3.63 Falta de concentración
- 3.64 Falta de memoria
- 3.65 Falta de atención
- 3.66 Falta de concentración
- 3.67 Falta de memoria
- 3.68 Falta de atención
- 3.69 Falta de concentración
- 3.70 Falta de memoria
- 3.71 Falta de atención
- 3.72 Falta de concentración
- 3.73 Falta de memoria
- 3.74 Falta de atención
- 3.75 Falta de concentración
- 3.76 Falta de memoria
- 3.77 Falta de atención
- 3.78 Falta de concentración
- 3.79 Falta de memoria
- 3.80 Falta de atención
- 3.81 Falta de concentración
- 3.82 Falta de memoria
- 3.83 Falta de atención
- 3.84 Falta de concentración
- 3.85 Falta de memoria
- 3.86 Falta de atención
- 3.87 Falta de concentración
- 3.88 Falta de memoria
- 3.89 Falta de atención
- 3.90 Falta de concentración
- 3.91 Falta de memoria
- 3.92 Falta de atención
- 3.93 Falta de concentración
- 3.94 Falta de memoria
- 3.95 Falta de atención
- 3.96 Falta de concentración
- 3.97 Falta de memoria
- 3.98 Falta de atención
- 3.99 Falta de concentración
- 3.100 Falta de memoria

FACTORES LABORALES

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

FACTORES ORGANIZACIONALES

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

(NAC) Necesidades de Acción de Control (NAC) = Falta de Control

USUARIO Y ASESORACION	INVESTIGACION DE ACCIDENTE INCIDENTE	ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL	REVISIONES GENERALES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Auditoría General 2. Control de Programa 3. Participación de Gerencia Superior y Medio 4. Control de Desempeño General 5. Participación de Gerencia 6. Participación de Gerencia Superior y Medio 7. Manual de Referencia de Servicio 8. Realización de Auditorías de Servicio 9. Responsabilidad individual (Seguridad y Salud) - Control de Medida en Desempeño de Puntos 10. Control de Calidad (Seguridad y Salud) - Control de Medida en Desempeño 11. Social Control de Necesidad 12. Control de Necesidad de Seguridad y Salud y Dependencia 13. Registro de trabajo actual a Participación de Párrafo de Seguridad y Salud 14. Medición de Desempeño 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Procedimiento de Investigación de Accidentes Incidentes 2. Análisis de Investigaciones estadísticas 3. Seguimiento y Medida de Gestión 4. Análisis de Accidentes Incidentes 5. Análisis de Accidentes Incidentes 6. Análisis de Accidentes Incidentes 7. Análisis de Accidentes Incidentes 8. Análisis de Accidentes Incidentes 9. Análisis de Accidentes Incidentes 10. Análisis de Accidentes Incidentes 11. Análisis de Accidentes Incidentes 12. Análisis de Accidentes Incidentes 13. Análisis de Accidentes Incidentes 14. Análisis de Accidentes Incidentes 15. Análisis de Accidentes Incidentes 16. Análisis de Accidentes Incidentes 17. Análisis de Accidentes Incidentes 18. Análisis de Accidentes Incidentes 19. Análisis de Accidentes Incidentes 20. Análisis de Accidentes Incidentes 21. Análisis de Accidentes Incidentes 22. Análisis de Accidentes Incidentes 23. Análisis de Accidentes Incidentes 24. Análisis de Accidentes Incidentes 25. Análisis de Accidentes Incidentes 26. Análisis de Accidentes Incidentes 27. Análisis de Accidentes Incidentes 28. Análisis de Accidentes Incidentes 29. Análisis de Accidentes Incidentes 30. Análisis de Accidentes Incidentes 31. Análisis de Accidentes Incidentes 32. Análisis de Accidentes Incidentes 33. Análisis de Accidentes Incidentes 34. Análisis de Accidentes Incidentes 35. Análisis de Accidentes Incidentes 36. Análisis de Accidentes Incidentes 37. Análisis de Accidentes Incidentes 38. Análisis de Accidentes Incidentes 39. Análisis de Accidentes Incidentes 40. Análisis de Accidentes Incidentes 41. Análisis de Accidentes Incidentes 42. Análisis de Accidentes Incidentes 43. Análisis de Accidentes Incidentes 44. Análisis de Accidentes Incidentes 45. Análisis de Accidentes Incidentes 46. Análisis de Accidentes Incidentes 47. Análisis de Accidentes Incidentes 48. Análisis de Accidentes Incidentes 49. Análisis de Accidentes Incidentes 50. Análisis de Accidentes Incidentes 51. Análisis de Accidentes Incidentes 52. Análisis de Accidentes Incidentes 53. Análisis de Accidentes Incidentes 54. Análisis de Accidentes Incidentes 55. Análisis de Accidentes Incidentes 56. Análisis de Accidentes Incidentes 57. Análisis de Accidentes Incidentes 58. Análisis de Accidentes Incidentes 59. Análisis de Accidentes Incidentes 60. Análisis de Accidentes Incidentes 61. Análisis de Accidentes Incidentes 62. Análisis de Accidentes Incidentes 63. Análisis de Accidentes Incidentes 64. Análisis de Accidentes Incidentes 65. Análisis de Accidentes Incidentes 66. Análisis de Accidentes Incidentes 67. Análisis de Accidentes Incidentes 68. Análisis de Accidentes Incidentes 69. Análisis de Accidentes Incidentes 70. Análisis de Accidentes Incidentes 71. Análisis de Accidentes Incidentes 72. Análisis de Accidentes Incidentes 73. Análisis de Accidentes Incidentes 74. Análisis de Accidentes Incidentes 75. Análisis de Accidentes Incidentes 76. Análisis de Accidentes Incidentes 77. Análisis de Accidentes Incidentes 78. Análisis de Accidentes Incidentes 79. Análisis de Accidentes Incidentes 80. Análisis de Accidentes Incidentes 81. Análisis de Accidentes Incidentes 82. Análisis de Accidentes Incidentes 83. Análisis de Accidentes Incidentes 84. Análisis de Accidentes Incidentes 85. Análisis de Accidentes Incidentes 86. Análisis de Accidentes Incidentes 87. Análisis de Accidentes Incidentes 88. Análisis de Accidentes Incidentes 89. Análisis de Accidentes Incidentes 90. Análisis de Accidentes Incidentes 91. Análisis de Accidentes Incidentes 92. Análisis de Accidentes Incidentes 93. Análisis de Accidentes Incidentes 94. Análisis de Accidentes Incidentes 95. Análisis de Accidentes Incidentes 96. Análisis de Accidentes Incidentes 97. Análisis de Accidentes Incidentes 98. Análisis de Accidentes Incidentes 99. Análisis de Accidentes Incidentes 100. Análisis de Accidentes Incidentes 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 2. Programa de Entrenamiento del Personal 3. Evaluación del Programa de Entrenamiento 4. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 5. Programa de Entrenamiento del Personal 6. Evaluación del Programa de Entrenamiento 7. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 8. Programa de Entrenamiento del Personal 9. Evaluación del Programa de Entrenamiento 10. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 11. Programa de Entrenamiento del Personal 12. Evaluación del Programa de Entrenamiento 13. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 14. Programa de Entrenamiento del Personal 15. Evaluación del Programa de Entrenamiento 16. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 17. Programa de Entrenamiento del Personal 18. Evaluación del Programa de Entrenamiento 19. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 20. Programa de Entrenamiento del Personal 21. Evaluación del Programa de Entrenamiento 22. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 23. Programa de Entrenamiento del Personal 24. Evaluación del Programa de Entrenamiento 25. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 26. Programa de Entrenamiento del Personal 27. Evaluación del Programa de Entrenamiento 28. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 29. Programa de Entrenamiento del Personal 30. Evaluación del Programa de Entrenamiento 31. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 32. Programa de Entrenamiento del Personal 33. Evaluación del Programa de Entrenamiento 34. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 35. Programa de Entrenamiento del Personal 36. Evaluación del Programa de Entrenamiento 37. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 38. Programa de Entrenamiento del Personal 39. Evaluación del Programa de Entrenamiento 40. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 41. Programa de Entrenamiento del Personal 42. Evaluación del Programa de Entrenamiento 43. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 44. Programa de Entrenamiento del Personal 45. Evaluación del Programa de Entrenamiento 46. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 47. Programa de Entrenamiento del Personal 48. Evaluación del Programa de Entrenamiento 49. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 50. Programa de Entrenamiento del Personal 51. Evaluación del Programa de Entrenamiento 52. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 53. Programa de Entrenamiento del Personal 54. Evaluación del Programa de Entrenamiento 55. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 56. Programa de Entrenamiento del Personal 57. Evaluación del Programa de Entrenamiento 58. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 59. Programa de Entrenamiento del Personal 60. Evaluación del Programa de Entrenamiento 61. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 62. Programa de Entrenamiento del Personal 63. Evaluación del Programa de Entrenamiento 64. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 65. Programa de Entrenamiento del Personal 66. Evaluación del Programa de Entrenamiento 67. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 68. Programa de Entrenamiento del Personal 69. Evaluación del Programa de Entrenamiento 70. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 71. Programa de Entrenamiento del Personal 72. Evaluación del Programa de Entrenamiento 73. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 74. Programa de Entrenamiento del Personal 75. Evaluación del Programa de Entrenamiento 76. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 77. Programa de Entrenamiento del Personal 78. Evaluación del Programa de Entrenamiento 79. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 80. Programa de Entrenamiento del Personal 81. Evaluación del Programa de Entrenamiento 82. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 83. Programa de Entrenamiento del Personal 84. Evaluación del Programa de Entrenamiento 85. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 86. Programa de Entrenamiento del Personal 87. Evaluación del Programa de Entrenamiento 88. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 89. Programa de Entrenamiento del Personal 90. Evaluación del Programa de Entrenamiento 91. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 92. Programa de Entrenamiento del Personal 93. Evaluación del Programa de Entrenamiento 94. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 95. Programa de Entrenamiento del Personal 96. Evaluación del Programa de Entrenamiento 97. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 98. Programa de Entrenamiento del Personal 99. Evaluación del Programa de Entrenamiento 100. Análisis de Necesidades de Entrenamiento 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 2. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 3. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 4. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 5. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 6. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 7. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 8. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 9. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 10. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 11. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 12. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 13. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 14. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 15. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 16. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 17. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 18. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 19. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 20. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 21. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 22. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 23. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 24. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 25. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 26. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 27. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 28. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 29. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 30. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 31. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 32. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 33. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 34. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 35. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 36. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 37. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 38. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 39. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 40. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 41. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 42. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 43. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 44. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 45. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 46. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 47. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 48. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 49. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 50. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 51. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 52. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 53. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 54. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 55. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 56. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 57. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 58. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 59. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 60. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 61. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 62. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 63. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 64. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 65. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 66. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 67. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 68. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 69. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 70. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 71. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 72. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 73. Revisión de Necesidades de Entrenamiento 74. Revisión de Necesidades de Entrenamiento