

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO EN INGENIERÍA



Diseño y aplicación de un sistema MRP asociado al Lean Manufacturing para el cumplimiento de producción de una empresa azucarera

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
MENCIÓN:
GERENCIA DE OPERACIONES

Autor: Br. De La Cruz Zegarra, Anthony Rafael

Asesor: Ms. Torres Bustamante, Walter Hugo

TRUJILLO - PERÚ
2024

N° de Registro:

JURADO EXAMINADOR




Ms. Segundo Miguel Ramírez Córdova
Presidente



Ms. Zoraida Yanet Vidal Melgarejo
Secretario



Ms. José Luis González Sánchez
Miembro



Ms. Walter/Hugo Torres Bustamante
Asesor

BIBLIOTECA DE P... JURADO - UNT

DEDICATORIA

A **DIOS** por su bendición e iluminación, que está presente en cada instante y circunstancia de mi vida, por darme la fuerza para seguir adelante por ser guía y protección en todo momento.

A mi amada **MADRE YSABEL ZEGARRA TORRES**, por su incondicional y eterno apoyo, compañía y comprensión. Por brindarme enseñanza, valores y amor infinito a lo largo de mi vida. Gracias a ella, es posible todo esto, soy una persona fuerte y hoy veo convertirse en realidad una de mis metas.

A mi querida hermana **DIANA** y mi padre **RAFAEL**, a mi tía **CARMEN**, abuelita **MARTINA**, tío **MIGUEL** y compañera de vida **ANGIE** que con su comprensión y apoyo incondicional logran que realice mis metas y me dan las fuerzas para seguir siempre adelante. Así también a mi perro **BAD CRONOS LEONIDAS ALEJANDRO** por ser fuente de alegrías y buenos momentos.

Anthony R. De La Cruz Zegarra

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a Dios, por ser la principal fuente de inspiración y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

Expreso mi agradecimiento a los docentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Trujillo - Unidad de Ingeniería, quienes con sus enseñanzas impartidas durante mi permanencia en el programa de maestría lograron mi complementar mi formación académica y profesional.

Este trabajo de investigación ha sido elaborado bajo el asesoramiento del Ms. Walter Hugo Torres Bustamante de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de la Universidad Nacional de Trujillo que junto con los señores miembros del jurado que en su condición de ser excelentes profesionales docentes me brindaron su valioso apoyo en las observaciones, dirección y crítica durante la realización del presente trabajo. Por tal motivo les agradezco por su constante apoyo en la realización del presente trabajo.

Finalmente, a los compañeros de estudio, por todas las experiencias vividas durante el tiempo en que estuvimos juntos llevando la maestría, por haber compartido momentos experiencias profesionales, anécdotas y momentos tristes y alegres.

Anthony R. De La Cruz Zegarra

TABLA DE CONTENIDO

JURADO DICTAMINADOR.....	ii
TABLA DE CONTENIDO	v
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Realidad Problemática.....	15
1.2 Antecedentes	19
1.3 Marco Teórico.....	21
1.4 Formulación del Problema	28
1.5 Justificación del Problema.....	28
1.6 Formulación de la Hipótesis	28
1.7 Objetivos.....	28
CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODO	30
2.1 Objeto de estudio	30
2.2 Instrumentación.....	30
2.3 Métodos y técnicas.....	33
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1 Análisis del proceso de producción de azúcar rubia	35
3.2 Identificación de equipos críticos	42
3.3 Integración de la herramienta de LM	44

3.4 Aplicación de la herramienta Lean (RCM)	46
3.4.1 Análisis con la matriz AMEF.....	46
3.4.2 Análisis de los componentes críticos de acuerdo a nivel de criticidad	48
3.4.3 Análisis de componentes críticos	50
3.4.4 Acciones correctivas	54
3.5 Análisis del cumplimiento de la planificación de la producción.	60
3.6 Programación MRP	62
3.7 Programa de capacitación	78
3.8 Análisis del cumplimiento de la programación de producción con MRP	79
3.9 Evaluación de riesgos de la mejora propuesta.	81
3.10 Evaluación económica de la aplicación de la propuesta.	83
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES.....	91
CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES.....	93
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Matriz de consistencia.</i>	31
Tabla 2. <i>Matriz de operacionalización de variables.</i>	32
Tabla 3. <i>Paradas de máquina en la producción de azúcar rubia.</i>	42
Tabla 4. <i>Selección de herramientas solución – Integración de RCM en LM.</i>	45
Tabla 5. <i>Análisis AMEF de equipos críticos.</i>	46
Tabla 6. <i>Análisis de causa raíz a fallos de equipos.</i>	47
Tabla 7. <i>Clasificación de criterio de análisis para la Severidad (N) en fallos de equipos.</i>	48
Tabla 8. <i>Clasificación de criterio de análisis para la Ocurrencia (O) en fallos de equipos.</i>	49
Tabla 9. <i>Clasificación de criterio de análisis para la Detección (D) en fallos de equipos.</i>	49
Tabla 10. <i>Rango de clasificación NPR.</i>	50
Tabla 11. <i>NPR para equipos críticos.</i>	51
Tabla 12. <i>Resumen resultado de cálculo del NPR.</i>	52
Tabla 13. <i>Resumen de causas inaceptables identificadas por medio del NPR.</i>	53
Tabla 14. <i>Requerimiento de caña de azúcar 2021.</i>	60
Tabla 15. <i>Producción de azúcar rubia 2021.</i>	61
Tabla 16. <i>Producción de azúcar rubia 2022.</i>	61
Tabla 17. <i>Programa MRP de requerimiento de caña de azúcar 2023 – Expresado en TM.</i>	63
Tabla 18. <i>Consumo de insumos químicos.</i>	64
Tabla 19. <i>Consumo de materiales de envasado.</i>	64

Tabla 20. <i>MRP de explosión de insumos químico 2023: Antiespumante Prevol 1030 CIL X 200 KG.</i>	65
Tabla 21. <i>MRP de explosión de insumos químico 2023: Antiincrustante para jugo.</i>	65
Tabla 22. <i>MRP de explosión de insumos químico 2023: Azúcar impalpable bolsa X 25KG.</i>	66
Tabla 23. <i>MRP de explosión de insumos químico 2023: IQBF- CAL Hidratada.</i>	66
Tabla 24. <i>MRP de explosión de insumos químico 2023: Casa grande alcohol etílico rectificado.</i>	67
Tabla 25. <i>MRP de explosión de insumos químico 2023: Floculante Pro Tech PT 8100.</i> ..	67
Tabla 26. <i>MRP de explosión de insumos químico 2023: Soda caustica liquida 100%.</i>	68
Tabla 27. <i>MRP de explosión de requerimiento materiales de envasado.</i>	68
Tabla 28. <i>Programa MRP de requerimiento de caña de azúcar – Expresado en TM para una semana.</i>	72
Tabla 29. <i>Programa MRP de requerimiento de insumos químicos para una semana.</i>	73
Tabla 30. <i>Programa MRP de requerimiento materiales de envasado para una semana.</i> .	74
Tabla 31. <i>Programa de mantenimiento propuesto basado en la aplicación de RCM a través de LM.</i>	75
Tabla 32. <i>Programa anual de capacitación RCM.</i>	78
Tabla 33. <i>Programa anual de capacitación MRP.</i>	78
Tabla 34. <i>Cumplimiento de programa MRP 2022.</i>	80
Tabla 35. <i>Análisis del riesgo de la propuesta de mejora.</i>	82
Tabla 36. <i>Cálculo de costos por aplicar Mantenimiento RCM.</i>	83
Tabla 37. <i>Cálculo de costos por aplicar RCM.</i>	84
Tabla 38. <i>Cálculo de costos por aplicar Programación MRP.</i>	84

Tabla 39. <i>Cálculo de costos ocultos: Horas que se utilizó personal de planta durante la ejecución de la propuesta de mejora.</i>	85
Tabla 40. <i>Resumen de inversión requerida para aplicar la propuesta en estudio.</i>	85
Tabla 41. <i>Paros de máquina por fallo de equipos antes y post mejora.</i>	86
Tabla 42. <i>Cálculo de recuperación de pérdidas por mantenimiento en fallos de equipos.</i> 86	
Tabla 43. <i>Flujo de caja.</i>	88
Tabla 44. <i>VAN-TIR del proyecto.</i>	89

BIBLIOTECA DE POSGRADO - UNFV

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Principios Lean Manufacturing.....	23
Figura 2 Proceso de producción de azúcar rubia.	41
Figura 3 Pareto de identificación de equipos críticos.....	43
Figura 4 Instructivo para: Alineamiento de la cadena.	55
Figura 5 Instructivo para: Cambio de rodamiento.	57
Figura 6 Instructivo para: Revisión del tablero de control.	59
Figura 7 Ventana de ingreso de datos para programación de personal.....	69
Figura 8 Ventana de ingreso de programación de producción.	69
Figura 9 Ventana de ingreso de consumo de insumos químicos.	70
Figura 10 Ventana de ingreso de consumo de material de envasado.	70
Figura 11 Ruta e inspección de equipos que realiza el mecánico al inicio de cada turno.	76

RESUMEN

En esta presente investigación se obtuvo el diseño y aplicación de un sistema MRP, el cual estuvo asociado a la metodología Lean Manufacturing utilizando la herramienta RCM, logrando obtener mayor producción de azúcar y por ende cumpliendo la programación mensual y anual de producción.

La investigación tiene como objetivo aumentar la producción en el departamento de elaboración de una empresa azucarera. Para ello, primero se analizó el proceso de elaboración de azúcar para poder seleccionar la herramienta Lean Manufacturing que se utilizara, debido a los problemas de cumplimiento de producción por paradas de máquinas, los cuales se dan por fallos intempestivos, los cuales además ocasionan tiempos muertos y desperdicios.

Se detallo los tipos de equipos de los procesos con las principales paradas de máquina durante el periodo de un año, para luego realizar el análisis de Pareto donde se determinó los tres principales equipos que tienen la mayor cantidad de paradas y relevancia en el No cumplimiento de la producción programada.

Se evaluó las distintas herramientas de la metodología Lean Manufacturing integrando como herramienta de solución el Mantenimiento centrado en la Confiabilidad (RCM). Para los tres equipos se realizó el Análisis de Modos y Efecto de Fallas (AMEF) y se realizó el análisis de los componentes críticos de acuerdo a nivel de criticidad cuantificándolo con el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR).

Se procedió a desarrollar las acciones correctivas a las causas inaceptables identificadas por medio del NPR para cada equipo, estableciendo un programa de mantenimiento basado en la aplicación del RCM, elaborando instructivos de trabajo para la intervención de los equipos y programas anuales de capacitación al personal; posteriormente se realizó el análisis del cumplimiento de producción con el ello el diseño del MRP para la materia prima, insumos químicos y materiales para el envasado necesarios para el procesos de producción de azúcar.

Como parte final se realizó la evaluación económica de la aplicación de la propuesta para comprobar si el estudio realizado es factible de aplicar en el área de producción, teniendo como resultado de un VAN de S/ 112,000.16 TIR de 68.14% y B/C de S/ 1.505, con ello podemos determinar que esta aplicación de herramientas es factible ya que se obtuvo una disminución de parada de equipo de 1964.75 horas, el cual se tiene una recuperación de horas perdidas en mantenimiento por fallos de S/. 92,998.26. teniendo con ello un beneficio significativo al área de producción de la empresa, así mismo un retorno de inversión en 1 año, 4 meses y 20 días.

Palabras clave: Lean Manufacturing (LM), Producción, Plan de requerimiento de materiales (MRP), Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), Análisis de Modos y Efecto de Fallas (AMEF), Numero de Prioridad de Riesgo (NPR).

ABSTRACT

In this present investigation, the design and application of an MRP system was obtained, which was associated with the Lean Manufacturing methodology using the RCM tool, achieving greater sugar production and therefore complying with the monthly and annual production schedule.

The research aims to increase production in the processing department of a sugar company. To do this, first the sugar production process was analyzed in order to select the Lean Manufacturing tool to be used, due to production compliance problems due to machine stops, which occur due to untimely failures, which also cause downtime. and waste.

The types of equipment of the processes with the main machine stops during the period of one year were detailed, to then carry out the Pareto analysis where the three main equipment that have the greatest number of stops and relevance in the Non-compliance of scheduled production.

The different tools of the Lean Manufacturing methodology were evaluated, integrating Reliability Centered Maintenance (RCM) as a solution tool. For the three teams, the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) was carried out and the analysis of the critical components was carried out according to the level of criticality, quantifying it with the calculation of the Risk Priority Number (RPN).

Corrective actions were developed for the unacceptable causes identified through the NPR for each piece of equipment, establishing a maintenance program based on the application of the RCM, developing work instructions for the intervention of the equipment and annual training programs for personnel; Subsequently, the analysis of production compliance was carried out, thereby designing the MRP for the raw materials, chemical inputs and packaging materials necessary for the sugar production processes.

As a final part, the economic evaluation of the application of the proposal was carried out to verify if the study carried out is feasible to apply in the production area, resulting in an NPV of S/ 112,000.16, IRR of 68.14% and B/C of S / 1,505, with this we can determine that this application of tools is feasible since a reduction in equipment downtime of 1964.75 hours was obtained, which has a recovery of hours lost in maintenance due to failures of S/. 92,998.26. thereby having a significant benefit to the company's production area, as well as a return on investment in 1 year, 4 months and 20 days.

Keywords: Lean Manufacturing (LM), Production, Material Requirement Planning (MRP), Reliability Centered Maintenance (RCM), Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), Risk Priority Number (RPN).

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática.

La Empresa Agroindustrial en estudio está abocada a la siembra y procesamiento de caña de azúcar y comercialización de productos derivados de la caña, como el azúcar, alcohol, melaza y bagazo. La empresa en estudio presenta una producción menor al nominal por factores como son: falta de planificación de materia prima para molienda, falta de planificación de materiales e insumos para los procesos unitarios, cuellos de botellas por falla de equipos, falta de mantenimiento de equipos, reproceso por productos no conformes, demora en tiempos de arranque, tiempos perdidos en etapas del proceso, atraso en el abastecimiento de materiales, personal no capacitado, falta de orden y limpieza.

La empresa agroindustrial tiene capacidad de producción en molienda de 11 000 toneladas de caña al día con un capacidad de envasar 25 000 sacos de azúcar rubia por día en sus líneas de producción, el cual se ve rotundamente afectado por la falta de gestión en retiro de materiales, mantenimiento de equipos, paro de operadores por refrigerios no teniendo personal de contingencia para la continuidad del proceso, todo lo mencionado anteriormente afecta rotundamente en el cumplimiento con el área comercial, la minimización de la producción la cual ocasiona deficiencias en el funcionamiento, desempeño y eficiencia generando disminución de ingresos y rentabilidad por la pérdida de sus clientes y su posición en el mercado.

Siendo evidente la falta de una metodología o herramienta específica de trabajo antes estos problemas que se tiene constantemente en el proceso de elaboración y envasado de azúcar, para poder así eliminar los fallos y contratiempos continuos además de poder contribuir eficazmente en el factor económico para la empresa mejorando en el flujo de las operaciones esto con el fin de incrementar la producción.

En este sentido, se propone el análisis y elaboración de una propuesta de mejora implementando la planificación de producción mediante el sistema MRP asociado a las herramientas de Lean Manufacturing, de tal manera que la empresa, logre ventajas competitivas a través del aumento del control de la calidad de los productos, la reducción de costos y tiempos de entrega aumentando así la producción por medio de técnicas que eliminen el desperdicio de todo aquello que no genere valor en el producto.

Es síntesis, la empresa presenta limitaciones específicas relacionadas con la planificación de los recursos requeridos para su plan de producción, la determinación de un adecuado manejo de inventarios e implementación de herramientas de gestión que con lleven a la mejora continua. De esta manera, existe la necesidad de definir e implementar un Plan de Requerimiento de Materiales (MRP) asociando técnicas de Lean Manufacturing que enfatice el proceso de mejora continua requerido para incrementar la rentabilidad y producción de la empresa.

La globalización mundial obliga a las empresas ser más competitivas, más aún cuando existe competencia de precios manteniendo o mejorando la calidad del producto; es decir, sin disminuir la calidad del producto, porque existe también clientes exigentes (Hallioui et al., 2022). En ese sentido la calidad es más valorada cuando se trata de productos para consumo, entonces es en este tipo de industrias ser competitivo implica no sólo ser más productivo a menor costo, sino también implica asegurar la calidad del producto con mayor rigor porque este producto va dirigido al consumo humano (Vimal et al., 2022). Ante ello se debe encaminar maquinaria, mano de obra, materia prima e insumos hacia un proceso más óptimo (Elhadiri et al., 2022).

De acuerdo a Kumar y Mondal (2022), existe una necesidad por aplicar algún tipo de estrategia, técnica que permitan de mejor manera minimizar despilfarros; sin embargo, muchas veces la falta de recursos, de personal técnico y profesional adecuado no se logra identificar estos despilfarros, más aun cuando se tiene volúmenes por producir o por despachar y existe poca capacidad de inversión en analizar las causas que ocasionan este tipo de problemas.

Una de las técnicas más aplicadas por la industria es la manufactura esbelta a través de la filosofía Lean, porque su aplicación permite mantener la competitividad de las empresas, lo cual ha quedado demostrado de acuerdo a la historia de la aplicación de la filosofía Lean desde el caso Toyota (Jadhav y Ekbote, 2021). Aunque en el sector alimenticio no se tiene muy claro la aplicación de técnicas Lean, dado que existe mayor esfuerzo por análisis físico químico más que mejora de proceso, debido a la importancia que tiene la calidad de este tipo de productos como parte de responsabilidad de que el producto cumpla normas de calidad y los productos se encuentren aptos para el consumo del ser humano (Message et al., 2018). Del mismo modo, también es importante la planificación, y no sólo por el cumplimiento, sino porque de acuerdo a ello se programan también utilización de

maquinaria, recurso humano, materia prima e insumos, los cuales deben ser los óptimos si se quiere ser competitivo; sin embargo, muchas veces ello no es factible producto de fallas humanas en caso de procesos operativos y de falla de equipos en el caso de procesos continuos (Caicedo et al., 2020).

Las empresas en América Latina, cada vez buscan ser más competitivas, para lograr ser líderes en sus países y a la vez comercializar con el exterior, donde existe alto nivel de competitividad en tecnología, lo cual reduce el costo de mano de obra y ofrece productos de alta calidad, por ello en América Latina existe una gran necesidad de aplicar técnicas que le permitan mejorar su performance empresarial a través de la mejora de competitividad (Vural, 2021), es así que los países que lideran en competitividad en esta parte del mundo se encuentran Chile y Costa Rica, en tercer lugar se tiene a Panamá y en octavo lugar se encuentra Perú (ADEN Business Magazine, 2022).

A agosto 2022 el Perú ocupa el lugar 54 de acuerdo al ranking de competitividad en el mundo, evaluado desde el punto de vista económico, gobierno, infraestructura y la eficiencia que se tiene en los negocios, esta posición hizo que incremente la competitividad, básicamente por el crecimiento económico y a mejora de la infraestructura, debido justamente porque se busca ser competitiva y mejorar la capacidad de atención a pedidos de producción (Centrum PUCP, 2022).

En ese sentido una de las filosofías que mejor resultado ha otorgado en cuanto mejoras es la filosofía Lean Manufacturing (LM), donde entre otras técnicas de solución destaca la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), aplicado generalmente en procesos de producción continua, donde existe poca intervención de mano de obra, y casi el proceso se debe a proceso continuo de maquinaria o equipos; entonces en estos casos, nota que es excluyente, se enfoca Lean en identificar las causas raíces para dar

solución a fallas de equipos que generan no sólo paradas de máquina, sino que estas paradas generan desperdicios, productos de calidad deficientes y/o reproceso (Cruz et al., 2018).

El problema de fallas de equipos no sólo generan paradas de máquinas, despilfarros, sino también un incumplimiento a la planificación y programación de producción, afectando a otros procesos y finalmente poniendo en riesgo las fechas pactadas con los clientes en la entrega de pedidos, por ello es de vital importancia que los equipos funcionen con la menor cantidad de paradas de máquina, para así asegurar cumplimiento de programas, los cuales a su vez implican cumplimiento en la utilización de recursos de la empresa, lo cual conlleva ahorros en costos (Figuerola y Núñez, 2019).

1.2 Antecedentes

Pérez et al., (2020), en su investigación aplicaron un desarrollo de RCM con LM, con el objeto de general un plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de minimizar el índice de frecuencia de fallos, integrando para ello al personal operativo, algo que teóricamente no contempla en la aplicación de RCM dado que es trabajo de carácter técnico; entonces finalmente el diseño del plan se basó en: Preparación del recurso humano, definir el área que sería el piloto, definir los objetivos, planificar actividades, implementar el plan de mantenimiento, realizar monitoreo sobre cumplimiento del objetivo trazado, registrar las observaciones que se presenten, realizar mejoras sobre observaciones encontradas, realizar seguimiento y finalmente estandarizar la mejora.

Molina et al., (2019) en su investigación plantearon diseñar un sistema de gestión de mantenimiento de equipos en una planta industrial, con el objeto de mejorar la disponibilidad de equipos para mejorar el índice de producción y así disminuir los costos por contrataciones. Los autores clasificaron la mejora de acuerdo a las necesidades de solución de problemas de acuerdo a la causa raíz, es así que para cierto tipo de equipos se propuesto aplicar

Mantenimiento productivo total (TPM), para otro grupo de equipos bajo modo de efectos de fallo mediante la matriz AMFE, logrando mejorar la isponibilidad de equipos a 99.06%

Peñañiel et al., (2021), aplican RCM en una máquina empacadora en el proceso de fabricación de atún en latas, utilizan esta técnica porque permitió analizar y detectar las causas raíces principales, las cuales mediante la aplicación de los pasos de RCM permitieron dar una propuesta para minimizar el número de fallos y por ende para minimizar la cantidad de paradas de máquina. Al ser una técnica LM, su aplicación permitió minimizar despilfarros, actividades que no agregan valor al proceso de mantenimiento, además de incorporar mantenimiento autónomo, logrando así oportunidades de mejora de la confiabilidad de equipos, así como incrementar la disponibilidad para producción de los mismos.

Andrade y Herrera (2021) analizaron el mantenimiento basado en RCM bajo una situación actual, es decir como esta se encuentra funcionando en las empresas y describir la metodología que emplean para tal fin, determinando que todas tienen sus bases en el análisis de fallas AMEF, formulada en base a prioridades de criticidad, creando mayor confiabilidad en la operatividad de los equipos durante el proceso productivo, lo que permite a su vez cumplir con los programas de producción y cumplimiento de atención de pedidos.

Nogales y Espinoza (2022), proponen realizar re ingeniería en el mantenimiento basado en RCM en un ingenio azucarero, basado en revisión bibliográfica y análisis de la metodología RCM, trabajando fundamentalmente aquellas paradas no programadas que suceden y afectan el flujo continuo de trabajo, así como el cumplimiento de programas de producción. Estas fallas suelen suceder por problemas netamente mecánico equivalente al 18% y 48 %. Los autores analizaron la aplicación de RCM con una inversión de \$ 14,864.34 en 4 meses de proyecto, pasando de ejecución de 53 a 66 tareas, sin embargo post aplicación de la propuesta estas llegaron a 99 a 102.

Cruz et al., (2018) realizaron una investigación con el objetivo de aplicar Lean Manufacturing como Buenas Prácticas en una empresa de alimentos, debido a que consideraron que LM permite a través de sus técnicas y herramientas dar solución a problemas de procesos productivos, con lo cual les permiten mejorar la competitividad de una empresa, dando un paso en la ejecución de buenas prácticas, es así que se pueden lograr mejoras en la producción de 40% a 60%, dependiendo del problema y de la ausencia de aplicación de alguna técnica de mejora anterior, es decir si es la primera vez que una empresa tiene aplicación de una técnica de mejora, lo más probable es que los resultados sean mayores, caso contrario suele ser resultados menores, debido a que con aplicación de técnicas LM se van acortando las brechas de mejora. Entonces un resultado de mejora puede ser desde un valor mínimo, sin embargo este valor mínimo puede ser significativo, dado que lo más probable es que se encuentra en una enésima aplicación de una técnica de mejora.

Figueroa y Núñez (2019) desarrollaron una investigación sobre la aplicación de técnicas LM, entre las cuales se tiene al mantenimiento preventivo con el objeto de minimizar paradas de equipos y mejorar los niveles de cumplimiento a lo establecido por el Enterprise Resource Planning, (ERP) que es lo mismo a Sistema de planificación de recursos empresariales, obteniendo una proyección de beneficio económico de S/. 924,607 en cinco años, con una inversión de S/. 297,991.

1.3 Marco Teórico

Lean

Es una filosofía que tiene sus bases en la eliminación de desperdicios para lograr la mejora de proceso, donde desperdicio es conocido por Lean como actividades que no agregan valor al proceso en análisis (Nascimento et. al 2019). Lean es también es definido como la búsqueda de la utilización de recursos de forma justo y necesario que se requiere

para un proceso, teniendo en cuenta que se debe definir la secuencia óptima de ejecución de actividades con la cual se logre producir un producto o servicio (Tăucean et al., 2019).

Por otro lado, Sharma y Gandhi (2018), define Lean como una filosofía con capacidad de mejorar un proceso cuyos resultados se reflejan en los resultados de logro en la obtención del mismo en tiempo, costo y cantidad; donde los dos primeros deben ser los menores posibles sin poner en riesgo la calidad del producto y el último el mayor posible, de similar forma asegurando la calidad y en menor costo.

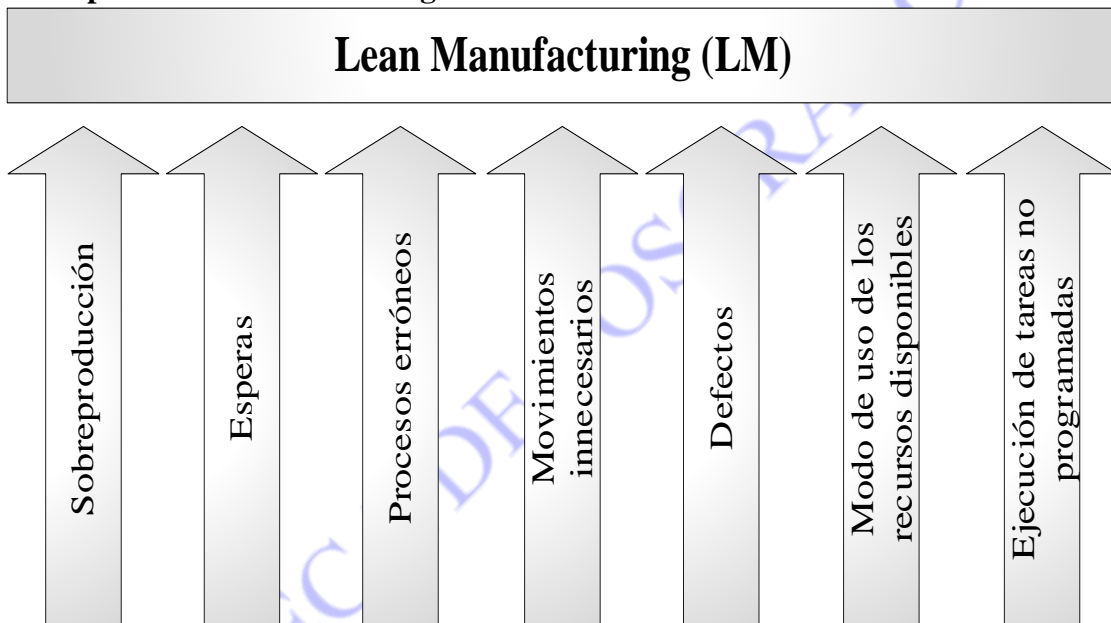
Desperdicios

Los desperdicios a los que hace referencia Lean se encuentran relacionados a la sobreproducción, es decir aquellos que incrementan lo planificado para producir y se resumen en transportes no necesarios, tiempos de espera, trabajos realizados más de una vez o demás, inventarios, movimientos no necesarios que se realizan, defectos que resulten de un proceso, los cuales generan costos adicionales a los proyectados y presupuestados y conocimiento no utilizado referido a que existiendo capacidad de conocimiento en un tema o para dar solución a un problema existente, no se emplea para ello por diversos motivos, tiempo, no estar autorizado para ello, posición o puesto de trabajo ajeno o diferente al puesto o proceso problema, entre otros, que hacen que el recurso técnico humano no sea utilizado de forma adecuada para lograr optimizar o dar solución a un problema específico dentro de un proceso, más aun cuando este es un problema técnico, donde la ausencia de conocimiento técnico adecuado, sumado a la experiencia mal ubicados de las personas en el proceso, hace que un problema no sea analizado de forma correcta para dar una solución, generando sobrecostos de mano de obra, utilización de recursos adicionales, desperdicios, entre otros (Kumar et al., 2018).

Principios de LM

De acuerdo a Mesa y Carreño (2020) LM se fundamenta en 7 principios, denominados así a desperdicios más frecuentes que suceden en un proceso productivo y generan reprocesos, sobrecostos y baja competitividad a las empresas, los cuales requieren ser detectados, analizados y mejorados para minimizar sus efectos negativos sobre el proceso productivo. En la Figura 1 se presentan estos 7 principios.

Figura 1
Principios Lean Manufacturing.



Nota. Pilares o principios de LM. Fuente: (Mesa y Carreño, 2020, p.4).

Gestión de Mantenimiento

Mecanismo por medio del cual se aplican técnicas que permiten una mejor administración y gestión de maquinarias dentro de un proceso productivo, asegurando que estos se encuentren operativos brindando mayor capacidad al proceso productivo, asegurando el uso de insumos y materias primas de acuerdo a lo especificado, y asegurando la calidad del producto final. La gestión de mantenimiento se enfoca en función de las necesidades a cubrir, teniendo para ello el mantenimiento centrado en la confiabilidad,

conocido como RCM, El mantenimiento preventivo, el mantenimiento autónomo, finalmente se tiene al análisis de modo y efectos de fallos (AMEF), por medio del cual se busca identificar las causas raíces que generan fallos de los equipos para minimizarlos (Socconini, 2019).

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Metodología conocida como aquella que se enfoca en la búsqueda de la causa raíz que genera los fallos de máquinas y equipos con el objeto de analizar el fallo de forma técnica y evitar o minimizar el mismo, analizado mediante la matriz denominada AMEF, la cual representa la sigla de análisis de modo de efecto de fallo. Esta metodología se enfoca en proporcionar confiabilidad al proceso productivo a través de los equipos en buen funcionamiento y continuo, de tal forma que la programación de la producción no se vea afectada por paradas de equipos por algún tipo de fallo, motivo por el cual esta metodología proporciona mayor capacidad al proceso productivo (Diaz et al., 2017).

Planificación de los Requerimientos de Material (MRP)

La planificación de requerimientos de materiales, o Material Requirement Planning (MRP), se encarga de conocer cuáles son los materiales necesarios para fabricar, cuántas unidades hacen falta y cuándo pedirlos para que se pueda producir sin interrupciones. Algunas empresas llevan esta planificación de materiales con Excel, no obstante, cuando la producción es compleja, se pierde mucho control y automatización. El MRP ayuda a automatizar y simplificar esta planificación y se puede usar en cualquier sector tanto industrial como comercial (Lugo, 2022).

Por tanto, cuando hay muchos materiales y proveedores distintos a gestionar, la planificación de producción se complica y puede dar fallos. Entre estos fallos se encuentran: no tener los materiales a tiempo por no conocer el tiempo de entrega del proveedor; no tener el stock mínimo en el inventario en el almacén; o, por el contrario, tener excesivo material al que no se le pueda dar salida. En el caso de no tener los materiales, este fallo causa un retraso considerable en la producción de la empresa. Si por el contrario se tiene exceso de material en el almacén, esto puede implicar que no haya hueco suficiente para guardarlo o que ocupe el lugar de otro material que lo necesita, aumentando el coste de fabricación de la empresa (Lugo, 2022).

Así pues, el MRP consiste esencialmente en un cálculo de necesidades netas de los artículos (productos terminados, subconjuntos, componentes, materia prima, etc.) introduciendo un factor nuevo, no considerado en los métodos tradicionales de gestión de stocks, que es el plazo de fabricación o compra de cada uno de los artículos, lo que en definitiva conduce a modular a lo largo del tiempo las necesidades, ya que indica la oportunidad de fabricar (o aprovisionar) los componentes con la debida planificación respecto a su utilización en la fase siguiente de fabricación (Rajadel, 2016).

Características de los sistemas MRP

De acuerdo a Rajadel (2016), el MRP cumple con las siguientes características:

- Deducir cuándo deben emitirse los pedidos y su cuantía a los proveedores y a los talleres o procesos de fabricación y/o montaje por períodos de planificación.
- Controlar los inventarios considerando el lead time.
- Programar las necesidades de producción y realizar el balance material.
- Ser dependiente de la demanda (conocida) del producto final.

- Tener en cuenta el criterio de lotificación para el lanzamiento de la producción.

Plan Maestro de Producción (PMP)

La planificación es la base del éxito, por lo que contar con un Plan Maestro de Producción es esencial para mejorar los procesos productivos de una empresa. Las organizaciones necesitan una estrategia que se adapte a diversos escenarios económicos; y que, además, contemple cambios en los modelos de fabricación, distribución y entrega de los productos o servicios (Caba et al., 2016). El Plan de Producción permite configurar todos estos elementos para reducir o evitar las pérdidas.

Uno de los mayores retos en la actualidad para empresas de todo tipo es mejorar su competitividad en el mercado; que, además, cada vez está más poblado y es más exigente. Para lograrlo, tienen que optimizar todas sus operaciones hasta conseguir la máxima eficiencia. También deben utilizar sus recursos de forma adecuada para reducir las pérdidas y maximizar la rentabilidad. Una de las mejores herramientas para mejorar todos estos aspectos es el Plan Maestro de Producción (PMP), un documento que recoge toda la información sobre la producción de una empresa (Caba et al., 2016).

Las empresas dedicadas a la manufactura, o que crean algún tipo de producto para sus clientes, necesitan del Plan Maestro de Producción (PMP) para optimizar sus operaciones y cadena de suministro, pero también para facilitar su innovación y crecimiento.

También conocido como MPS (por sus siglas en inglés, Master Production Schedule), el Plan Maestro de Producción es una herramienta que nos permite cumplir en tiempo y forma con la demanda de los clientes, al mismo tiempo que cuidamos la rentabilidad del negocio (Tibocha, 2020).

Bien implementado, el PMP nos garantiza el control de producción y nos ayuda a reducir costos, mantener el inventario en niveles óptimos, aprovechar nuestra capacidad de producción y cumplir con los tiempos de entrega (Chase & Jacobs, 2014).

El PMP se elabora con el máximo detalle, con el objetivo de optimizar al máximo el tiempo de producción y los recursos que se destinan a ella en función de la cantidad de productos a fabricar, entre otros. En él podemos encontrar información relativa al volumen final de cada producto, a la fecha de producción y entrega, etcétera. Es, por lo tanto, una herramienta imprescindible para planificar y supervisar todos los procesos productivos de una empresa. (Veigler, 2021).

Producción

Es un indicador de producción que permite medir resultados respecto a recursos programados en un determinado tiempo, con el objeto de conocer el grado de utilización de estos recursos en la obtención de una determinada producción establecida (Socconini, 2019).

Existen factores importantes que se consideran para determinar la producción, tales como:

Producción esperada: Representado por la cantidad de producción que se programa para un determinado tiempo dividido entre los recursos que se utilizarían en dicha producción (Socconini, 2019).

Efectividad: Referido a la producción real producida respecto a la producción esperada (Socconini, 2019).

1.4 Formulación del Problema

¿Cuál es el efecto de diseñar y aplicar un sistema MRP asociado al Lean Manufacturing para el cumplimiento de la producción en una empresa azucarera?

1.5 Justificación del Problema

En la empresa en estudio existe problemas de cumplimiento de producción debido a paradas de máquinas, los cuales se dan por fallos intempestivos, los cuales además ocasionan desperdicios y problemas de calidad. Por tal motivo se requiere aplicar la metodología Lean Manufacturing, para así encontrar los fallos de máquina y proponer plan de mantenimiento que permita mayor confiabilidad y disponibilidad de equipo, con menor desperdicio y aseguramiento de la calidad, para que la programación de producción no se vea afectada y por el contrario lograr el cumplimiento de lo programado.

1.6 Formulación de la Hipótesis

El diseño y aplicación del sistema MRP asociado al Lean Manufacturing permitirá incrementar el cumplimiento de la producción en una empresa azucarera.

1.7 Objetivos

Objetivo General

Diseñar y aplicar el sistema MRP asociado al Lean Manufacturing para incrementar el cumplimiento de la producción en una empresa azucarera.

Objetivos Específicos

- Analizar el proceso de producción de azúcar e identificar los equipos críticos del proceso con sus principales paradas.

- Seleccionar la herramienta adecuada de la metodología Le Manufacturing para realizar la integración.
- Desarrollar la propuesta de mejora al diseñar y aplicar un sistema MRP asociado al Lean Manufacturing para el cumplimiento de la producción en una empresa azucarera.
- Evaluar los riesgos de la propuesta de mejora.
- Realizar la evaluación económica de la propuesta de mejora.

BIBLIOTECA DE POSGRADO - UNT

CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Objeto de estudio

El objeto de estudio es la producción de azúcar rubia en la empresa en estudio.

Identificación de variables

Variable independiente: Planificación de la producción con sistema MRP asociado a Lean Manufacturing.

Variable dependiente: Producción.

2.2 Instrumentación

A continuación, se presenta la matriz de consistencia del estudio (Tabla 1), en base a las variables independiente y dependiente; y en la Tabla 2 se presenta la matriz de operacionalización de variables.



Tabla 1.
Matriz de consistencia.

Formulación del Problema	Objetivo General	Formulación de la Hipótesis	Variables	Métodos y técnicas
¿Cuál es el efecto de diseñar y aplicar un sistema MRP asociado al Lean Manufacturing para el cumplimiento de producción en una empresa azucarera?	<p>Diseñar y aplicar el sistema MRP asociado al Lean Manufacturing para incrementar el cumplimiento de la producción en una empresa azucarera.</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar el proceso de producción de azúcar rubia. - Seleccionar la herramienta LM para luego realizar la integración. - Identificar los equipos críticos. - Aplicar la herramienta LM seleccionada a los equipos críticos en la producción de azúcar. - Analizar el cumplimiento de la producción en la producción de azúcar rubia. - Realizar la programación MRP para la programación de azúcar rubia en materia prima, insumos químicos y materiales de envase. - Realizar el programa de capacitación de las técnicas LM y MRP. - Analizar el cumplimiento de la programación de producción con MRP de azúcar rubia. - Evaluar los riesgos de la mejora. - Realizar la evaluación económica de la propuesta. 	El diseño y aplicación del sistema MRP asociado al Lean Manufacturing permitirá incrementar el cumplimiento de la producción en una empresa azucarera.	<p>V. Independiente: Diseño y aplicación del sistema MRP asociado a Lean Manufacturing.</p> <p>Variable dependiente: Producción.</p>	<p>Tipo de estudio: Correlacional causal.</p> <p>Diseño: Cuasi experimental.</p>

Nota: Matriz que resume el problema, objetivos, hipótesis, variable, métodos y técnicas. Elaboración propia.



Tabla 2.
Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	
Variable Independiente: Diseño y aplicación del sistema MRP asociado a Lean Manufacturing.	Capacidad de gestionar el movimiento completo de materias primas, productos en proceso, inventarios y productos terminados en menor tiempo y a menor costo debido a que desecha todo aquello que no agrega valor al proceso (Sharma & Gandhi 2018),	Capacidad de diseñar y aplicar el sistema MRP y la metodología Lean Manufacturing para minimizar la cantidad de paradas a través de mitigar los tipos de fallos existentes.	LM	– Número de fallos críticos	
			MRP	– Cantidad de horas de paradas de máquina. – Consumo real de materia prima.	
Variable Dependiente: Producción	Indicador de producción que permite medir resultados respecto a recursos programados en un determinado tiempo, con el objeto de conocer el grado (Socconini, 2019)	Capacidad de medir la producción esperada y la efectividad con que se consigue en un determinado tiempo.	Producción esperada	=	<hr/> Producción programada Recursos programados Producción real <hr/>
			Efectividad del MRP	=	Producción esperada

Nota: En función a las variables independiente y dependientes adecuadas al estudio. Elaboración propia.

BIBLIOTECA

2.3 Métodos y técnicas

Tipo de estudio

El tipo de estudio es correlacional causal, el cual está orientado a responder en función a las causas o eventos externos que hacen que las causas motiven nuevos resultados (Hernández & Mendoza, 2018), en ese sentido aplicar herramientas o técnicas como parte de LM permitirá cambios en la forma de trabajo y ello se verá en los resultados de la producción y en el cumplimiento de la programación con MRP.

Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es cuasi experimental, este tipo de estudios permite probar hipótesis mediante la manipulación de una variable (Hernández & Mendoza, 2018), en este caso la variable manipulada es la independiente, para ver efectos o resultados en la variable dependiente, los cuales se esperan positivas a la investigación.

Desarrollo de la metodología

El presente trabajo utiliza el diseño es cuasi experimental de tipo transversal, ya que hay manipulación de variables y mediciones a través de los indicadores y estos se obtienen con datos de un momento determinado.

Además, el alcance de la investigación es de nivel descriptivo ya que tiene como finalidad ampliar y analizar la utilización de las herramientas de Lean Manufacturing para el desarrollo de una propuesta de mejora.

Nos permitirá conocer y ahondar la metodología, como trabajar con los indicadores y su interpretación. Esto permitirá conjugar lo teórico con lo práctico, adicionando las distintas teorías administrativas que se pueden adaptar a empresas de elaboración de alimentos masivos como es el azúcar.

Una forma de identificar problemas en una empresa de elaboración de azúcar es empleando el uso de metodologías del Lean Manufacturing, a través de esta metodología se podrá analizar los tiempos perdidos por parada de máquinas que afectan el cumplimiento de producción planificada con el fin de buscar oportunidades de mejora a través de una propuesta de que se adapte mejor a la realidad de la empresa y con ello diseñar un sistema MRP que se ajuste a la producción esperada y planificada

Al llevar a cabo la investigación, se estableció identificar los indicadores, que permitan detectar a tiempo las desviaciones de los resultados, evaluando donde están los problemas, con la finalidad de corregirlo.

Al contar con esta metodología, permitirá a las otras empresas replicarlo, de acuerdo a su realidad, ya que esta herramienta es muy flexible.

BIBLIOTECA DE POSGRADO - UNITE

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis del proceso de producción de azúcar rubia

Encalado y calentamiento:

El jugo proveniente de Trapiche “B” o Difusor, es filtrado en un filtro rotativo Trommel con el fin de retirar las partículas de bagacillo. Luego es enviado al tanque de pre encalado y enseguida se deriva al tanque de encalado. A la salida de este tanque se hace la corrección del pH, adicionando sacarato de calcio llevando el pH a un rango entre 7.5 a 8.00. Una vez encalado el jugo es calentado hasta 105 °C, en tres etapas consecutivas de calentamiento utilizando vapores de los efectos 3, 2 y 1 respectivamente. El jugo ya calentado es dirigido al tanque flash donde se elimina las burbujas de aire pasando luego al clarificador SRI. En el clarificador se agrega floculante a 4 ppm. Para ayudar a la sedimentación de los insolubles. El jugo clarificado con un Brix de aproximadamente 13° Brix es recepcionado en el tanque de jugo clarificado del cual es bombeado hacia una batería de dos Calentadores de jugo clarificado con la finalidad de elevar su temperatura a 120 °C y poder ingresar así a los evaporadores.

Filtración de la Cachaza

La cachaza los lodos provenientes de los Clarificadores SRI pasan a un tanque donde se le añade lechada de cal en forma continua (12 °Bx) para regular a 8 de pH el tanque es vertical, cuyo interior se encuentra con agitación para una mezcla uniforme. La cachaza mezclada es bombeada hacia un tanque mezclador horizontal donde se le agrega floculante para favorecer la compactación de los insolubles, seguido es descargado por gravedad al filtro banda.

En filtro de banda se extrae el jugo que se encuentra en los lodos provenientes del clarificador, por efecto en primer lugar de la gravedad, seguido de extracción por vacío y finaliza la última extracción por compresión en la cinta, el jugo extraído es recolectado y enviado al tanque de jugo encalado, mientras que la torta compactada es desprendida de la cinta y descargada en dos tolvas de almacenamiento para después descargarlo en volquetes para ser llevado a los campos de cultivo pasa a un tranque mezclador donde se le añade lechada de cal en forma continua (5^aBx) y bagacillo (proveniente de las calderas y luego de pasar por un ciclón). El mezclador es un tanque horizontal, cuyo interior se encuentra en constante agitación para una mezcla uniforme. La cachaza mezclada sale por unas cajas laterales situadas en las cuatro esquinas del tanque y un conjunto de 6 tuberías las que conducen hacia los filtros al vacío.

Los filtros al vacío constan de tambores rotatorios, los cuales giran alrededor de un eje horizontal, la Planta Casa Grande dispone de 6 filtros Oliver, de los cuales solo están operativos 3 de ellos.

La Cachaza queda adherida a la superficie del tambor al girar mediante un sistema de vacío que posee en su interior, el cual produce a la vez la aspiración del líquido que es enviado a las pailas de encalada, quedando una torta compacta y continua que es sucesivamente lavada con chorros de agua.

Posteriormente, la torta es desprendida de la superficie por medio de un raspador, situado a lo largo del tambor, cayendo sobre un colector. De allí es arrastrado con chorros de agua hacia las alcantarillas de la fábrica que la llevará a los campos de cultivo.

Calentamiento y Evaporación

El jugo clarificado caliente pasa al Sistema de Evaporación de Quintuple Efecto, consistente en Pre-Evaporadores o Primer Efecto, Evaporadores Simples o Segundo Efecto, y Evaporadores Triples, el primer cuerpo o Tercer Efecto, el segundo cuerpo o Cuarto Efecto y el tercer cuerpo o Quinto Efecto. Después de haber extraído agua del jugo en cinco oportunidades, se obtiene un jugo concentrado llamado Jarabe con un Brix de aproximadamente 60-65°, el cual se almacena en su respectivo tanque.

Cristalización:

Los vacuumpanes o Tachos “A”, mediante vacío succionan Jarabe y semilla “C” para formar un cocimiento o masa “A”, la cual está formada aproximadamente en 50% de grano “A” y 50% jarabe, una vez llenado el tacho con unos 60-80 TM. de masa, se descarga a los Cristalizadores “A” de agitación continua, para luego de 01 hora pasar a las Centrífugas “A”. Estas máquinas separan el azúcar “A” o azúcar 1ª, que va al Almacén de Azúcar. La miel “A”, con un Brix aproximado a 84° es depositada en tanques, luego se diluye con agua hasta un Brix de 74° y es enviada al tanque respectivo.

Los vacuumpanes “B”, por vacío succionan miel diluida “A” y semilla “C” para formar un cocimiento “B”. Una vez llenado el tacho, se descarga el cocimiento a los cristalizadores “B”, donde reposan unas dos horas antes de pasar a las Centrífugas “B”. El azúcar “B” o llamada Azúcar 2ª se envía al almacén de azúcar, mientras que la miel “B” con un Brix aproximado a 84°, se diluye con agua hasta 75° Brix para ser depositada en los tanques.

Los vacuumpanes “C”, mediante vacío succionan el pie de templa de C y alimentan con miel “B” hasta completar un cocimiento “C”, esta masa se descarga a un depósito llamado Lanchón del cual después de una hora va hacia los Cristalizadores “C”. Esta masa

“C” es centrifugada después de aproximadamente 30hrs en máquinas continuas, las que separan el azúcar “C” o azúcar de Tercera de la miel “C” o llamada Melaza, la cual es enviada a la destilería para la elaboración de Alcohol. El azúcar C recibe una cierta cantidad de agua para formar el Magma y se mezcla en un recipiente de agitación continua llamado Magmero, para luego ser enviado al tanque de Semilla “C” que está ubicado en el Tercer piso.

El pie de templa de C, se prepara empezando a mezclar una cantidad determinada de Miel A y Jarabe a fin de tener una mezcla de 75% de pureza y ya en el tacho se empieza a evaporar hasta alcanzar una concentración entre 80 a 82° Brix, momento en el cual se adiciona la jalea (Azúcar fondant + Alcohol isopropílico). Una vez aparecido el grano y preparado, se alimenta con miel B, hasta completar 50m³, luego de lo cual se divide en dos partes (1er corte). Cada uno de estos cortes y en tachos diferentes se vuelven a alimentar con miel “B”, hasta completar 50m³ y nuevamente se dividen en dos. Al final se tienen 4 cortes o pie de templeas C y sirven para hacer 4 masas cocidas “C”.

Centrifugación:

Las masas cocidas A y B son descargadas en recibidores para ser luego centrifugadas en centrifugas batch automáticas que con acción de la fuerza centrífuga separa el cristal de azúcar de la miel, el azúcar es descargado en conductores y transportado al área de secado y/o Refinería y la miel producida es retornada al área de cristalización.

Las masas cocidas de C son descargadas en un lanchón de masa que la distribuye a través de los cristalizadores antes de su centrifugación en centrifugas continuas automáticas, el cristal de azúcar separado se le agrega agua y se forma un magma C que es bombeada al área de cristalización como núcleo de cristal para elaborar templeas de A y B, mientras que la miel producida o melaza es bombeada a la destilería para la producción de alcohol.

Almacenamiento Secado:

El azúcar proveniente de las centrifugas presenta un % de humedad el cual debe ser removido para tal efecto ingresa a un secador rotatorio en paralelo con una corriente de aire seco y caliente el cual absorbe la humedad del azúcar, hasta alcanzar una humedad no mayor a 0.3% El almacén es un ambiente bastante amplio con capacidad de 2,000 toneladas de azúcar y a donde llegan las fajas transportadoras provenientes de las centrífugas, donde antes de su ingreso son pesadas en una Balanza Automática Digital, reguladas para 1 tonelada y situadas en la parte superior del almacén pasando luego por dos Electroimanes.

El azúcar crudo aún contiene un poco de miel, lo que le da cierto aspecto húmedo. Dicha humedad no debe ser tan alta para su respectivo almacenamiento ya que ocasionaría su deterioro.

El porcentaje tolerable de humedad es de 0.30 a 0.35%, cuando este factor es menor las condiciones que tiene el azúcar para su almacenamiento es óptima, en caso contrario es perjudicial, ya que hay demasiada humedad y eso propicia un ataque rápido de hongos y bacterias.

Pesaje y embolsado

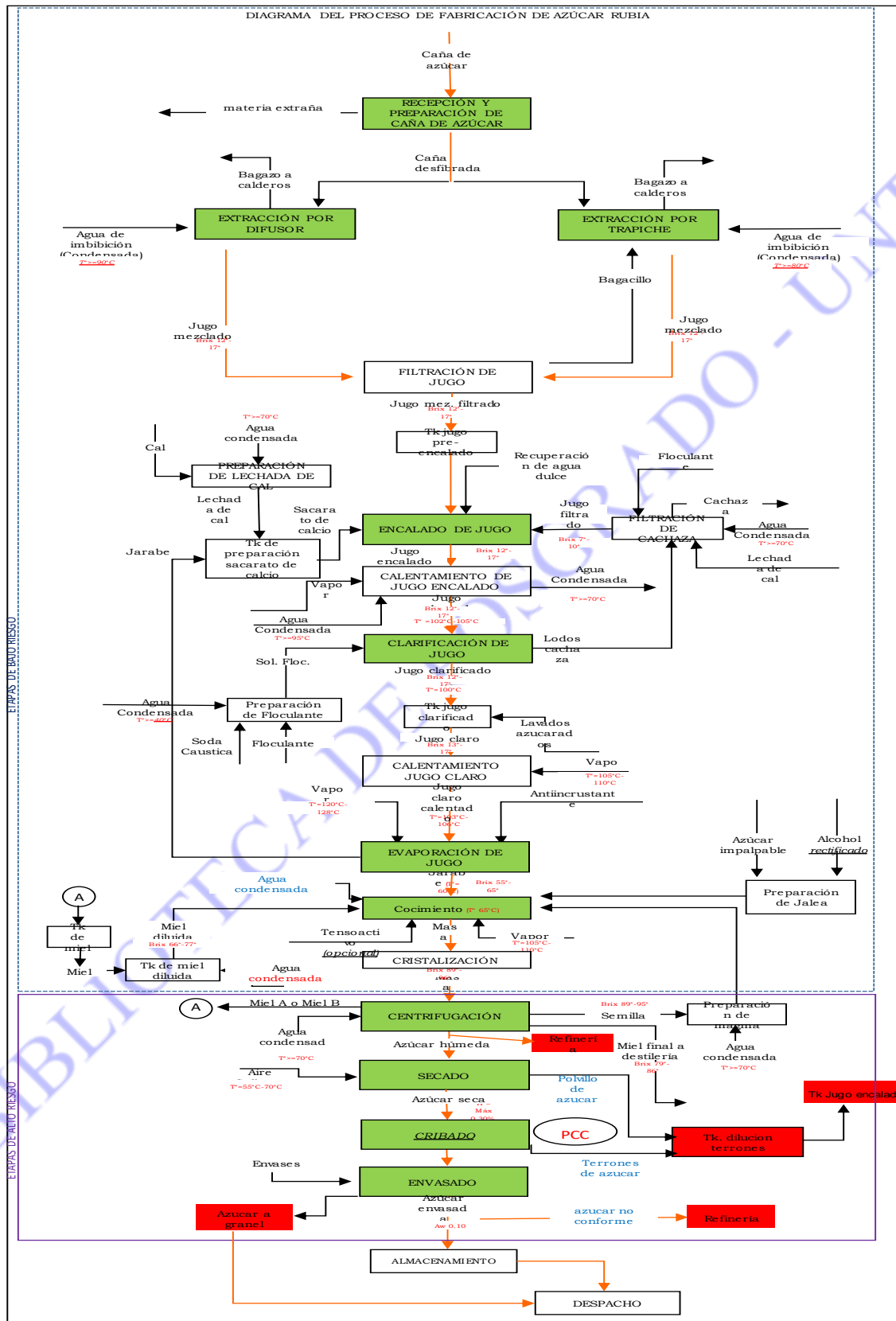
El azúcar al salir del secador es transportado a los silos de almacenamiento, para luego ser conducidos a dos cribas para retirar los grumos y posteriormente a pasar por parrillas magnéticas para retirar cualquier partícula metálica, completado estos controles descarga en tolvas para su pesado y embolsado en sus diferentes presentaciones. El ingreso del azúcar es por faja elevada y se descarga mediante conductores subterráneos para su envase y posterior uso. El envasado se realiza mediante dos balanzas RICHARDSON, reguladas a 50 Kg. Usándose además máquinas cosedoras y transportadoras.

El envasado es en bolsas de papel o polipropileno (10 bolsas/minuto) para despacho inmediato o almacenamiento en un silo. La azúcar envasada en sus diferentes modalidades es almacenada en ambientes destinados para este fin, cumpliendo con las políticas sanitarias.

En la Figura 2 se presenta el flujo de proceso de producción de azúcar rubia, donde se identifica cada uno de las fases de producción descrito líneas arriba.

BIBLIOTECA DE POSGRADO - UNI

Figura 2
Proceso de producción de azúcar rubia.



Nota: Proceso completo de producción de azúcar rubia. Fuente: Empresa azucarera en estudio.

3.2 Identificación de equipos críticos

A continuación, se presenta los tipos de equipos en el proceso de producción de azúcar rubia, con las principales paradas de máquina sucedidas durante el periodo de un año, los cuales suman 323 paradas, año de referencia 2021.

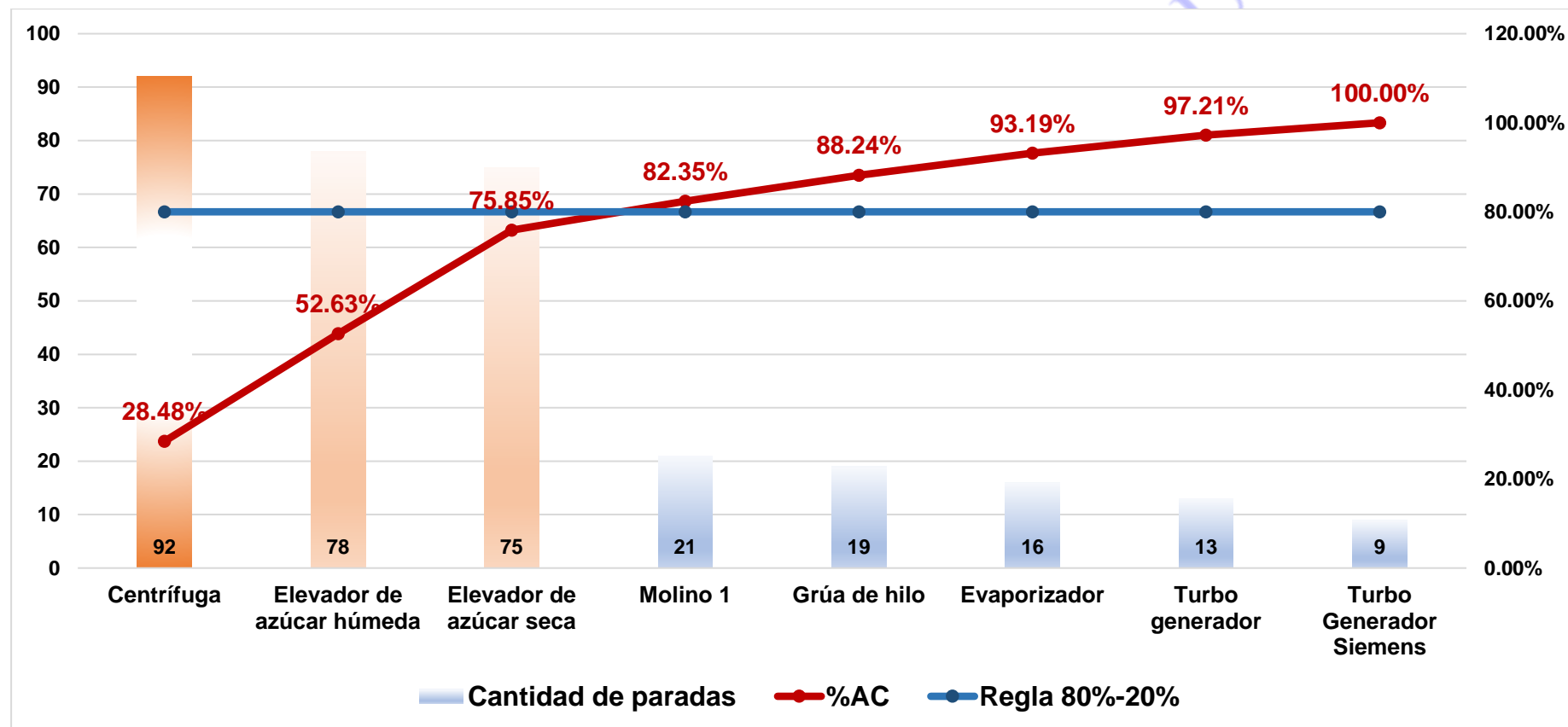
Tabla 3.
Paradas de máquina en la producción de azúcar rubia.

Equipo	Cantidad de paradas
1 Centrífuga	92
2 Elevador de azúcar húmeda	78
3 Elevador de azúcar seca	75
4 Molino 1	21
5 Grúa de hilo	19
6 Evaporador	16
7 Turbo generador	13
8 Turbo Generador Siemens	9
Total	323

Nota: Paradas por tipo de equipo, focalizado en 3 equipos con mayor frecuencia. Elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta los equipos que representan el 80% de paradas de máquinas y requieren un análisis de sus componentes de fallo:

Figura 3
Pareto de identificación de equipos críticos.



Nota: Identificación de 3 equipos con mayor parada que afecta la producción de azúcar rubia en la empresa. Elaboración propia.

De la Figura 3 se tiene que los equipos que generan el 75.85% de paradas de máquina son:

- Centrífuga con 28.48% de paradas de máquina.
- Elevador de azúcar húmeda, con 24.15% de paradas de máquina.
- Elevador de azúcar seca, con 23.22 % de paradas de máquina

En el Anexo 5 al 12 se presenta fotos de la centrífuga y de del elevador en condiciones de fallo y mantenimiento.

3.3 Integración de la herramienta de LM

Debido a que existe un problema de producción debido a paradas de máquinas, los cuales se dan por fallos intempestivos, los cuales además ocasionan desperdicios y problemas de calidad en la empresa azucarera en estudio, se procede a analizar la técnica adecuada a utilizar para dar solución a este problema, motivo por el cual se presenta la Tabla 3, donde se identifica las principales técnicas LM, una pequeña descripción de cada una de ellas, la ventaja de cada técnica y el problema que motiva el presente estudio; finalmente se define y se selecciona las herramientas solución que se proceden a aplicar en el presente trabajo.

Tabla 4.*Selección de herramientas solución – Integración de RCM en LM.*

LM	Definición	Ventajas	Problema estudio	Selección de herramientas solución
Kanban	Señalización para suministrar, controlar y/o producir aquello que es necesario.	<ul style="list-style-type: none"> - Minimiza tiempo de entrega. - Integración del equipo de trabajo. - Mejora calidad de producción. 	Problema de producción debido a paradas de máquinas, los cuales se dan por fallos intempestivos, los cuales además ocasionan desperdicios y problemas de calidad.	X
VSM	Value Stream Mapping: Mapeo del proceso incluyendo flujo de materiales, actividades desde proveedores hasta clientes o distribuidores.	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica proceso(s) críticos. 		X
SMED	Técnica que permite minimizar tiempo de cambio de producto a través de un menor tiempo de cambio de equipo.	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuye tiempos improductivos. - Contribuye a incrementar la producción. 		X
Sig Sigma	Mejora de procesos que permite mejorar la calidad	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora la calidad. - Reducción de costos de procesos. - Minimiza defectos. - Menor cantidad de reclamos. 		X
Kaizen	Filosofía de mejora continua.	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce desperdicios. - Incrementa la competitividad. 		X
Poka Yoke	Adaptación de dispositivo para prueba de errores antes que estos sucedan.	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora la calidad. - Minimiza reprocesos. - Minimiza reclamos. 		X
5S	Colocar cada cosa e su respectivo lugar, en condiciones óptimas y a disponibilidad del operador.	<ul style="list-style-type: none"> - Orden en área de trabajo. - Optimiza tareas. - Mejora la producción. 		X
RCM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad. Permite identificar fallos potenciales de equipos.	<ul style="list-style-type: none"> - Minimiza riesgo de paro de equipos. - Incrementa la disponibilidad de equipos. - Brinda mayor confiabilidad al proceso. - Minimiza paradas de equipos no planificados. - Incrementa la producción. 		<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de equipos críticos. - Análisis por medio de Matriz AMEF. - Análisis de componentes críticos. - Programa de mantenimiento.
TPM	Mantenimiento Productivo Total. Permite integrar persona, equipos y procesos para dar mayor eficacia al proceso productivo y a los equipos.	<ul style="list-style-type: none"> - Asegura la disponibilidad de equipos. - Mejora la producción. - Minimiza paradas de equipos no planificados. 		X
Mantenimiento autónomo	Ejecución de mantenimiento a través de operadores del proceso.	<ul style="list-style-type: none"> - Minimiza tiempo de mano de obra. - Minimiza riesgo de parada de equipos. - Mejora la seguridad de los operadores. 		X

Nota: Selección de RCM, como la técnica más adecuada para dar solución a la problemática de estudio. Basado en (Pérez E. , 2019) y (Palange & Dhattrak, 2021). Elaboración propia.

De la Tabla 3 se tiene que RCM es la técnica más adecuada a utilizar para dar solución a la problemática en estudio, debido a que dentro de su proceso de desarrollo permite dar solución al problema de producción debido a paradas de máquinas, los cuales se dan por fallos intempestivos.

3.4 Aplicación de la herramienta Lean (RCM)

3.4.1 Análisis con la matriz AMEF

Se presenta la Tabla 5 con la Matriz AMEF, en la cual se describe la falla funcional, el modo de fallo de cada falla funcional, así como el respectivo efecto de fallo de cada uno de los tres equipos críticos identificados en el Pareto de la Figura 3.

Tabla 3.

Análisis AMEF de equipos críticos.

Equipo	Falla funcional	Modo de fallo	Efecto de fallo
1 Centrifuga.	Separar azúcar de la miel.	Falla del motor.	La falla dificulta la separación de la miel del azúcar.
2 Elevador de azúcar húmeda.	Transportar azúcar húmeda.	Falla del motor.	El motor se detiene.
3 Elevador de azúcar seca.	Transportar azúcar seca.	Falla del motor.	El motor se detiene.

Nota: Se aprecia que el modo de fallo de los 3 equipos críticos coincide en el motor. Elaboración propia.

Seguidamente se procede a identificar la causa que genera el fallo, para lo cual se presenta la Tabla 6.

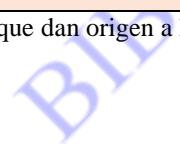


Tabla 4.

Análisis de causa raíz a fallos de equipos.

Equipo	Falla funcional	Modo de fallo	Efecto de fallo	Causa que ocasiona el fallo
1 Centrífuga.	– Separar azúcar de la miel.	– Falla del motor.	– La falla dificulta la separación de la miel del azúcar.	– Rodamiento vencido. – Sobre calienta el motor. – Armazón del motor no se encuentra cubierta.
2 Elevador de azúcar húmeda.	– Transportar azúcar húmeda.	– Falla del motor.	– El motor se detiene.	– Sobre calienta el motor. – La cadena de transmisión se sale. – Rotura de rodamiento.
			– El azúcar se atora.	– Exceso de carga de azúcar. – Diferencia de velocidad.
3 Elevador de azúcar seca.	– Transportar azúcar seca.	– Falla del motor.	– El motor se detiene.	– Sobre calienta el motor. – La cadena de transmisión se sale. – Rotura de rodamiento.
			– El azúcar se atora.	– Exceso de carga de azúcar. – Diferencia de velocidad.

Nota: Detección de causas que dan origen a los fallos en equipos críticos. Elaboración propia.



3.4.2 Análisis de los componentes críticos de acuerdo a nivel de criticidad

Para analizar los componentes críticos primero se procede a describir los componentes que conforman niveles de prioridad de riesgo (NPR), el cual lleva son N (Severidad), P (Ocurrencia) y R (Detección).

Es así que en la Tabla 7 con los niveles de seguridad, clasificado de acuerdo al efecto de la falla en: Baja, moderado, alta y muy alta, de acuerdo al siguiente criterio y puntaje.

Tabla 5.

Clasificación de criterio de análisis para la Severidad (N) en fallos de equipos.

Descripción del criterio	Clasificación	Efecto
La falla no afecta al proceso, apenas afecta el proceso.	1	Baja
	2	
	3	
La falla afecta al proceso de forma razonable.	4	Moderado
	5	
	6	
La falla representa un riesgo para el proceso.	7	Alta
	8	
La falla puede ser un peligro para el operador, además de afectar el proceso.	9	Muy Alta
	10	

Nota: Severidad clasificado en 4 efectos. Tomado de (Lean Solutions, 2019).

En la Tabla 8 con los niveles de ocurrencia, clasificado de acuerdo a la ocurrencia con la que sucede la falla en: remota, baja, moderada, alta y muy alta, de acuerdo al siguiente criterio y tasa de la falla.

Tabla 6.*Clasificación de criterio de análisis para la Ocurrencia (O) en fallos de equipos.*

Descripción del criterio	Clasificación	Ocurrencia	Tasa de falla
Falla remota, no posible que ocurra.	1	Remota	1 en 10000
Existe una baja posibilidad de que ocurra la falla.	2	Baja	1 en 80000
	3		1 en 4000
	4		1 en 1000
Existe ocurrencia de la falla de forma ocasional.	5	Moderada	1 en 400
	6		1 en 80
Existe probabilidad de falla.	7	Alta	1 en 40
	8		1 en 20
La falla ocurre y prácticamente inevitable.	9	Muy alta	1 en 8
	10		1 en 2

Nota: Ocurrencia clasificado en 5 tipos. Tomado de (Lean Solutions, 2019).

En la Tabla 9 con los niveles de detección, clasificado de acuerdo a la ocurrencia con la que sucede la falla en: muy alta, alta, moderado y baja, de acuerdo al siguiente criterio de acuerdo a la probabilidad de detección de la falla.

Tabla 7.*Clasificación de criterio de análisis para la Detección (D) en fallos de equipos.*




Descripción del criterio	Clasificación	Efecto
Falla de fácil detección en el proceso.	1	Muy alta
	2	
	3	
75% de probabilidad de detección de la falla.	4	Alta
	5	
50% de probabilidad de detección de la falla.	6	Moderado
	7	
Casi imposible de detectarla.	8	Baja
	9	
	10	

Nota: Ocurrencia clasificado en 4 tipos. Tomado de (Lean Solutions, 2019).

3.4.3 Análisis de componentes críticos

Para analizar los componentes críticos se procede a establecer los rangos NPR en inaceptable (I), es decir que se debe tomar una medida de acción correctiva con urgencia; reducción deseable (R), es decir que se recomienda tomar una medida de acción como prevención y aceptable (A) que significa que no se requiere tomar medida de acción correctiva, ver rangos de NPR establecido en la Tabla 10.

Tabla 8.
Rango de clasificación NPR.

Rango NPR		Clasificación
> 200		Inaceptable (I).
< 125 - 200 >		Realizar reducción deseable (R).
< 1 - 125 >		Aceptable (A).

Nota: Rango de valores NPR para evaluar nivel de criticidad tipo semáforo. Obtenido de (CMMS, 2020).

En la Tabla 11 se presenta el resultado del análisis NPR, donde se observa que existen 6 causas inaceptables que ocasionan fallos, donde 3 fallas ocurren en el elevador de azúcar húmeda y las mismas en el elevador de azúcar seca.



Tabla 9.
NPR para equipos críticos.

Equipo	Falla funcional	Modo de fallo	Efecto de fallo	O	Causa que ocasiona el fallo	S	Modo de detección	D	NPR	Acción correctiva	
1	Centrífuga. Separar azúcar de la miel..	Falla del motor.	La falla dificulta la separación de la miel del azúcar.	3	Rodamiento vencido.	7	Analizar la vibración del motor.	8	168	R	Cambio del rodamiento.
				4	Sobre calienta el motor.	7	Supervisión.	4	112	A	Mediante plan de Mtto.
				3	Armazón del motor no se encuentra cubierta.	5	Supervisión.	8	120	A	Cubrir/proteger el motor.
2	Elevador de azúcar húmeda. Transportar azúcar húmeda.	Falla del motor.	El motor se detiene.	3	Sobre calienta el motor.	7	Supervisión.	4	84	A	Mediante plan de Mtto.
				7	La cadena de transmisión se sale.	4	Supervisión.	8	224	I	Alineamiento de la cadena.
				5	Rotura de rodamiento.	8	Analizar la vibración del motor.	8	320	I	Cambio del rodamiento.
				4	Exceso de carga de azúcar.	7	Supervisión.	8	224	I	Revisión del tablero de control.
				4	Diferencia de velocidad.	5	Supervisión.	5	100	A	Revisión del tablero de control.
				El azúcar se atora.	4	Exceso de carga de azúcar.	7	Supervisión.	8	224	I
3	Elevador de azúcar seca. Transportar azúcar seca.	Falla del motor.	El motor se detiene.	3	Sobre calienta el motor.	7	Supervisión.	4	84	A	Mediante plan de Mtto.
				7	La cadena de transmisión se sale.	4	Supervisión.	8	224	I	Alineamiento de la cadena.
				5	Rotura de rodamiento.	8	Analizar la vibración del motor.	8	320	I	Cambio del rodamiento.
				4	Exceso de carga de azúcar.	7	Supervisión.	8	224	I	Revisión del tablero de control.
				4	Diferencia de velocidad.	5	Supervisión.	5	100	A	Revisión del tablero de control.
				El azúcar se atora.	4	Exceso de carga de azúcar.	7	Supervisión.	8	224	I

Nota: Cálculo de NPR de acuerdo a calificación de severidad, ocurrencia y detección. Elaboración propia.

BIB

Como resumen de la Tabla 11 se tiene que de 13 causas que generan fallo en los 3 equipos críticos identificados en el Diagrama de Pareto de la Figura 3, 6 causas representan el 46.15% de fallos, clasificando como inaceptable, otras 6 causas se encuentran dentro del rango de aceptabilidad y sólo 1 equivalente al 7.69% se encuentra en el rango de ejecutar medidas de acción deseable. Ver Tabla 12.

Tabla 10.

Resumen resultado de cálculo del NPR.

Rango NPR		Clasificación	Cantidad	%
> 200		Inaceptable (I).	6	46.15%
< 125 - 200 >		Realizar reducción deseable (R).	1	7.69%
< 1 - 125 >		Aceptable (A).	6	46.15%
Total			13	100.00%

Nota: El 46.15% equivalente a 6 causas raíces ocasionan fallos inaceptables, es decir urge tomar medida de acción para minimizarlos. Elaboración propia.

Seguidamente se presentan las 6 causas que generan fallo inaceptable (I), las cuales deben darse solución para minimizar el fallo, ver Tabla 13.



Tabla 11.

Resumen de causas inaceptables identificadas por medio del NPR.

Equipo	Falla funcional	Modo de fallo	Efecto de fallo	Causa que ocasiona el fallo	Modo de detección	Acción correctiva
2 Elevador de azúcar húmeda.	Transportar azúcar húmeda.	Falla del motor.	El motor se detiene.	La cadena de transmisión se sale.	Supervisión.	Alineamiento de la cadena.
				Rotura de rodamiento.	Analizar la vibración del motor.	Cambio del rodamiento.
			El azúcar se atora.	Exceso de carga de azúcar.	Supervisión.	Revisión del tablero de control.
3 Elevador de azúcar seca.	Transportar azúcar seca.	Falla del motor.	El motor se detiene.	La cadena de transmisión se sale.	Supervisión.	Alineamiento de la cadena.
				Rotura de rodamiento.	Analizar la vibración del motor.	Cambio del rodamiento.
			El azúcar se atora.	Exceso de carga de azúcar.	Supervisión.	Revisión del tablero de control.

Nota: Causas que deben ser mitigadas para minimizar el incidente de fallo. Elaboración propia.

BIBLIOTECA

3.4.4 Acciones correctivas

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 13, se debe tomar acciones correctivas para:

- (a) Alineamiento de la cadena.
- (b) Cambio de rodamiento y
- (c) Revisión del tablero de control

Es así que se procede a realizar la acción correctiva a tomar para el alineamiento de la cadena (a).


(a) Alineamiento de la cadena:

Las cadenas están constituidas por acero forjado, con el uso y movimiento constante producto del funcionamiento del elevador, estas suelen ceder y desalinearse, motivo por el cual se requiere realizar el alineamiento respectivo.

En la Figura 4 se presenta el instructivo para ejecutar la acción correctiva propuesta en la Tabla 13.

Figura 4

Instructivo para: Alineamiento de la cadena.

Instructivo: Alineamiento de la cadena	
Para el equipo: Elevador de azúcar húmeda.	Producto: Azúcar rubia.
Objetivo:	
<p>Alineación de cadenas para evitar que éstas cedan o se desalineen y evitar fallas en el motor del elevador de azúcar.</p> <p>Antes de realizar el mantenimiento al elevador de cangilones, se debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Verificar los repuestos, ubicación del elevador y las condiciones del lugar – Solicitar al personal de encargado de turno el bloqueo efectivo del equipo, conforme a las normas establecidas por el usuario. 	
Responsable:	Jefe de Mantenimiento.
Ejecutor:	Técnico Mecánico.
Ayudantes:	Dos personas.
Materiales y herramientas:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Prensa vertical. 2. Destornillador de pala 3. Llaves de combinada 19mm y 24mm 4. Cadena 3TN 5. Cadena izamiento 3/8x2mts 6. Grilletes 1/2”. 	<ol style="list-style-type: none"> 7. Ratchet con dado 19, 24mm 8. Pistolas neumática ataque 3/4” 9. Dados de impacto 19, 24mm 10. Llaves ajustables 12” 11. Tecele de 5 TN
Acciones	
<ol style="list-style-type: none"> 1 Desmontar carcasa superior ubicada en el nivel 0. Desajustando los (12) tornillos M12 con llave combinada 19mm. 2 Desmontar compuerta inferior de doble articulación que se encuentran en el nivel sótano. Desajustando los (8) tornillos M16 que sirven de seguro. 3 Cortar seguro de la compuerta inferior lateral con equipo oxicorte. 4 Solicitar al personal de eléctrico el bloqueo efectivo del equipo, conforme a las normas establecidas por el usuario. 5 Levantar el contrapeso para destensar la cadena con señorita de cadena de 2TN. 6 Tomar medida del indicador de longitud de la cadena que se encuentra en la parte inferior del elevador conectado a la rueda 7 Alinear cadena y engrasar zona de transmisión. 8 Ajustar los tornillos M12x50 de la carcasa del sistema motriz, utilizando una pistola neumática, mangueras de aire, dado 19mm. 9 Montar carcasa superior ubicada en el nivel 0. Desajustando los tornillos M12 con llave combinada 19mm. 10 Montar compuerta inferior de doble articulación que se encuentran en el nivel sótano. 11 Ajustando los (8) tornillos M16 que sirven de seguro. 12 Montar motor, solicitar la energización del equipo y realizar las pruebas en vacío y con carga. 	 <p style="text-align: center;">Estado final</p>
Ejecutado por:	
Inicio: Fecha y hora:	Fin: Fecha y hora:

Nota: Este instructivo se ejecuta para realizar la acción correctiva como parte del RCM. Fuente: Información adaptada de la empresa en estudio.


(b) Cambio de rodamiento:

Los rodamientos son discos en forma de bolas, las cuales se encuentran dentro de dos circunferencias, una externa y otra interna que las contiene alineadas entre sí con cierta separación. Los rodamientos cumplen la función de transmitir movimiento y son parte importante para el buen funcionamiento y aseguramiento de la vida útil del motor. En la Figura 5 se presenta el instructivo para ejecutar la acción correctiva propuesta en la Tabla 13.

BIBLIOTECA DE POSGRADO - UNIV

Figura 5

Instructivo para: Cambio de rodamiento.

Instructivo: Alineamiento de la cadena			
Para el equipo: Elevador de azúcar húmeda.	Producto: Azúcar rubia.		
Objetivo: Asegurar que los rodamientos se encuentren óptimos para el proceso continuo de producción. Antes de realizar el mantenimiento al elevador de cangilones, se debe: – Verificar los repuestos, ubicación del elevador y las condiciones del lugar – Solicitar al personal de encargado de turno el bloqueo efectivo del equipo, conforme a las normas establecidas por el usuario.			
Responsable:	Jefe de Mantenimiento.		
Ejecutor:	Técnico Mecánico.		
Ayudantes:	Dos personas.		
Materiales y herramientas: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> 1. Llave mixta de 1 1/8” 2. Llave Francesa de 12” 3. Llave de gancho de 15” 4. Escobilla de acero 5. Teclé de 2 TN 6. Eslinga de 2 TN </td> <td style="width: 50%; border: none;"> 7. Comba de 6 lbs. 8. Pistolas neumática ataque 3/4” 9. Trapo industrial 10. Chumacera (según medida del rodamiento) 11. Rodamiento (según medida del eje) 12. Manguito (según medida del eje) </td> </tr> </table>		1. Llave mixta de 1 1/8” 2. Llave Francesa de 12” 3. Llave de gancho de 15” 4. Escobilla de acero 5. Teclé de 2 TN 6. Eslinga de 2 TN	7. Comba de 6 lbs. 8. Pistolas neumática ataque 3/4” 9. Trapo industrial 10. Chumacera (según medida del rodamiento) 11. Rodamiento (según medida del eje) 12. Manguito (según medida del eje)
1. Llave mixta de 1 1/8” 2. Llave Francesa de 12” 3. Llave de gancho de 15” 4. Escobilla de acero 5. Teclé de 2 TN 6. Eslinga de 2 TN	7. Comba de 6 lbs. 8. Pistolas neumática ataque 3/4” 9. Trapo industrial 10. Chumacera (según medida del rodamiento) 11. Rodamiento (según medida del eje) 12. Manguito (según medida del eje)		
Acciones <ol style="list-style-type: none"> 1 El mecánico instalara el teclé y la eslinga de 2 Tn en la viga superior de la chumacera izquierdo y derecho des sprokert. 2 El mecánico haciendo uso de la llave mixta realiza el desmontaje de los pernos de sujeción de la tapa y base de la chumacera (ambos extremos). 3 El mecánico deberá hacer uso del teclé y sujetando con la eslinga en ambos extremos de la polea procederán a levantar a una altura de 2” sobre su base. 4 Se desmonta la chumacera usada de ambos extremos del eje del sprokert. El mecánico deberá llevar al punto de acopio las chumaceras usadas. 5 Se tomar medidas en las distancias de ubicación del manguito. 7 Se retira la tuerca del manguito empleando la llave de gancho en la zona ranurado de la tuerca, también podrá retirar la arandela de seguridad en ambos lados del eje del sprokert. 8 Se desmonta el rodamiento y el manguito desgastados del eje lado izquierdo y derecho del sprokert. 9 El mecánico realizara el montaje de los radamientos nuevos y los pernos de sujeción en su base del lado izquierdo y derecho del eje de la sprokert. 11 El mecánico colocara la tapa y pernos de sujeción de la chumacera en el eje del sprokert lado izquierdo y derecho. 12 Se realiza el ajuste de los pernos de sujeción de la base y tapa de chumacera en ambos extremos del eje del sprokert. 13 El mecánico realizará el montaje de la guarda de protección del reductor y chumacera y ajustar los pernos de sujeción. 14 El Supervisor Mecánico, supervisor de seguridad y personal operativo deben dejar el área de trabajo limpio y ordenado, realizando correctamente la clasificación de los residuos. 			
 <p style="text-align: center;">Estado final</p>			
Ejecutado por:			
Inicio: Fecha y hora:	Fin: Fecha y hora:		

Nota: Este instructivo se ejecuta para realizar la acción correctiva como parte del RCM. Fuente: Información adaptada de la empresa en estudio.

(c) Revisión del tablero de control:


El tablero de control permite la programación de carga de azúcar en el elevador de azúcar húmeda y seca, una falla en este afecta en el proceso de producción, por ello debe estar en condiciones adecuadas para que no afecte la producción.

En la Figura 6 se presenta el instructivo para ejecutar la acción correctiva propuesta en la Tabla 13.

BIBLIOTECA DE POSGRADO - UNI

Figura 6

Instructivo para: Revisión del tablero de control.

Instructivo: Revisión del tablero de control													
Para el equipo: Elevador de azúcar húmeda.	Producto: Azúcar rubia.												
<p>Objetivo: Limpieza y ajuste del tablero de control para asegurar buen funcionamiento del mismo. Antes de realizar el mantenimiento al elevador de cangilones, se debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Verificar los repuestos, ubicación del tablero de control del elevador y las condiciones del lugar – Solicitar al personal de encargado de turno el bloqueo efectivo del equipo, conforme a las normas establecidas por el usuario. 													
Responsable:	Jefe de Mantenimiento.												
Ejecutor:	Técnico Mecánico.												
Ayudantes:	Dos personas.												
<p>Materiales y herramientas:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. Multímetros</td> <td style="width: 50%;">7. Micróhmetros</td> </tr> <tr> <td>2. Pinzas de corriente</td> <td>8. Analizadores de motores de velocidad</td> </tr> <tr> <td>3. Cámaras termográficas</td> <td>9. Analizadores de variadores de velocidad</td> </tr> <tr> <td>4. Medidores de aislamiento</td> <td>10. Osciloscopios portátiles</td> </tr> <tr> <td>5. Comprobadores de instalaciones</td> <td>11. Analizadores de calidad eléctrica</td> </tr> <tr> <td>6. Medidores de tierras</td> <td>12. Analizadores de baterías</td> </tr> </table>		1. Multímetros	7. Micróhmetros	2. Pinzas de corriente	8. Analizadores de motores de velocidad	3. Cámaras termográficas	9. Analizadores de variadores de velocidad	4. Medidores de aislamiento	10. Osciloscopios portátiles	5. Comprobadores de instalaciones	11. Analizadores de calidad eléctrica	6. Medidores de tierras	12. Analizadores de baterías
1. Multímetros	7. Micróhmetros												
2. Pinzas de corriente	8. Analizadores de motores de velocidad												
3. Cámaras termográficas	9. Analizadores de variadores de velocidad												
4. Medidores de aislamiento	10. Osciloscopios portátiles												
5. Comprobadores de instalaciones	11. Analizadores de calidad eléctrica												
6. Medidores de tierras	12. Analizadores de baterías												
Acciones													
<ol style="list-style-type: none"> 1 Observar que el tablero eléctrico no presente daños visibles, piezas flojas o sueltas. 2 Mientras este energizado se debe comprobar que no exista interruptores y cables que estén disipando más calor del debido, es decir que no esté recalentando. 3 Retirar el polvo asentado y acumulado entre el tablero, los cables y los interruptores con ayuda de una brocha o soplete. 4 Reajustar las borneras de conexión de los interruptores y dispositivos existentes, poniendo especial atención en cada componente que se esté reapretando para detectar si este tiene rastros de calentamiento. 5 Verificar que los cables conductores de tierra estén bien asegurados, correctamente conectados y que exista continuidad eléctrica entre los cables y la estructura del tablero. 7 Si hay potencia para conmutación (contactores para arranque de motores) desarmarlos y ver el estado de los platinos (contactos) así como limpiar el núcleo de la bobina de accionamiento. 8 Verificar que los conductores de tierra estén apretados y tengan continuidad eléctrica con la estructura del tablero. 9 Limpiar el gabinete con algún solvente noble para retirar polvo o rastros de humo (calentamiento) algunas veces es normal que los rastros de "humo" estén presentes. 11 Limpiar las entradas naturales de ventilación. 12 En caso de ventilación forzada, verificar que las aspas giren libremente. 13 En ambientes corrosivos se puede sopletear el tablero y sus componentes con dieléctrico, cuidando de secar con aire los excesos de dieléctrico. 14 Energiza el tablero y pon a funcionar la máquina en condiciones normales, regresa a tus anotaciones y mide la corriente que circula por aquellos elementos que presentaban rastros de calentamiento. 													
Estado final													
Ejecutado por:													
Inicio: Fecha y hora:	Fin: Fecha y hora:												

Nota: Este instructivo se ejecuta para realizar la acción correctiva como parte del RCM. Fuente: Información adaptada de la empresa en estudio.

3.5 Análisis del cumplimiento de la planificación de la producción.

Para analizar el cumplimiento de la producción, en la Tabla 14 se presenta el requerimiento mensual de caña de azúcar del año 2021 para producir azúcar rubia de acuerdo al requerimiento del mismo año. Es preciso indicar que esta información corresponde a datos antes de aplicar RCM.

Tabla 12.
Requerimiento de caña de azúcar 2021.

Mes	Requerimiento (RQ) caña para molienda	Reserva seguridad (0.6% del RQ)	Total, RQ caña para molienda	RQ de azúcar
Enero	211688.00 TM	1270.13 TM	212958.13 TM	4341.27 TM
Febrero	181385.00 TM	1088.31 TM	182473.31 TM	4261.76 TM
Marzo	196008.00 TM	1176.05 TM	197184.05 TM	4553.54 TM
Abril	218627.00 TM	1311.76 TM	219938.76 TM	4632.78 TM
Mayo	230387.00 TM	1382.32 TM	231769.32 TM	4532.69 TM
Junio	217323.00 TM	1303.94 TM	218626.94 TM	4333.61 TM
Julio	217078.00 TM	1302.47 TM	218380.47 TM	4118.80 TM
Agosto	222469.00 TM	1334.81 TM	223803.81 TM	4381.96 TM
Setiembre	189696.00 TM	1138.18 TM	190834.18 TM	4426.82 TM
Octubre	154336.00 TM	926.02 TM	155262.02 TM	4454.24 TM
Noviembre	231289.00 TM	1387.73 TM	232676.73 TM	4388.89 TM
Diciembre	227369.00 TM	1364.21 TM	228733.21 TM	4450.33 TM
Total	2497655.00 TM	14985.93 TM	2512640.93 TM	52876.69 TM

Nota: Requerimiento histórico 2021 de caña y azúcar de acuerdo a requerimiento de pedidos. Información adaptada de la empresa en estudio.

En la siguiente tabla se observa que el promedio de producción en función al cumplimiento de producción anual, antes de aplicar LM era de 84.35% en promedio debido a paradas de máquina por fallos de equipos, los cuales hacían que no se cumpla con la producción programada, además que la programación se realizaba de acuerdo a los pedidos que se daban a diario.

Tabla 13.*Producción de azúcar rubia 2021.*

Mes	RQ de azúcar	Azúcar Producido	Cumplimiento Producción
Enero	4341.27 TM	3962.06 TM	91.27%
Febrero	4261.76 TM	3726.95 TM	87.45%
Marzo	4553.54 TM	3872.44 TM	85.04%
Abril	4632.78 TM	4018.99 TM	86.75%
Mayo	4532.69 TM	3723.79 TM	82.15%
Junio	4333.61 TM	3607.81 TM	83.25%
Julio	4118.80 TM	3609.92 TM	87.65%
Agosto	4381.96 TM	3740.66 TM	85.37%
Setiembre	4426.82 TM	3658.42 TM	82.64%
Octubre	4454.24 TM	3578.29 TM	80.33%
Noviembre	4388.89 TM	3529.80 TM	80.43%
Diciembre	4450.33 TM	3569.86 TM	80.22%
Total	52876.69 TM	44599.00 TM	84.35%

Nota: Información recopilada de los registros de la empresa, la cual evidencia una producción de 84.35%. Información adaptada de la empresa en estudio.

Con la aplicación de RCM, se logra minimizar las paradas de equipo, mejorando la producción de azúcar rubia, tal como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 14.*Producción de azúcar rubia 2022.*

Mes	RQ de azúcar	Azúcar Producido	Cumplimiento Producción
Enero	4688.57 TM	4103.08 TM	87.51%
Febrero	3943.83 TM	3449.75 TM	87.47%
Marzo	4644.61 TM	4243.13 TM	91.36%
Abril	5167.40 TM	4828.94 TM	93.45%
Mayo	5327.73 TM	4942.53 TM	92.77%
Junio	4804.89 TM	4541.10 TM	94.51%
Julio	4561.57 TM	4224.70 TM	92.62%
Agosto	4973.52 TM	4609.46 TM	92.68%
Setiembre	4284.28 TM	3989.09 TM	93.11%
Octubre	3507.27 TM	3252.99 TM	92.75%
Noviembre	5178.89 TM	4829.32 TM	93.25%
Diciembre	5162.38 TM	4842.31 TM	93.80%
Total	56244.95 TM	51856.41 TM	92.20%

Nota: Información recopilada de los registros de la empresa, la cual evidencia una producción de 92.20%. Información adaptada de la empresa en estudio.

De las Tablas 15 y 16 se tiene que el cumplimiento de la producción mejora post aplicación del RCM.

3.6 Programación MRP.

Con la información de producción 2022 post aplicación de RCM, se procedió a realizar los cálculos de requerimientos a través de diseño de MRP con los datos obtenidos de la producción en la Tabla 16, para lo cual se obtuvo que por cada TM de requerimiento de azúcar rubia se necesita 49.33 TM de caña de azúcar, con lo cual se establece el siguiente programa de requerimientos de caña de azúcar para la producción del año 2023, teniendo en cuenta los pedidos y producción del año 2022 presentados en el Anexo 13. Ver Tabla 17.

BIBLIOTECA DE POSGRADO - UNFV



Tabla 15.

Programa MRP de requerimiento de caña de azúcar 2023 – Expresado en TM.

Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
RQ de azúcar	4688.57	3943.83	4644.61	5167.40	5327.73	4804.89	4561.57	4973.52	4284.28	3507.27	5178.89	5162.38
Consumo de caña por TM	49.33	49.33	49.33	49.33	49.33	49.33	49.33	49.33	49.33	49.33	49.33	49.33
RQ de caña	231289.88	194551.46	229121.29	254910.90	262819.77	237027.82	225024.97	245346.57	211346.04	173015.70	255477.68	254663.27
Reserva seguridad (0.6% del RQ)	1387.74	1167.31	1374.73	1529.47	1576.92	1422.17	1350.15	1472.08	1268.08	1038.09	1532.87	1527.98
Total RQ caña para molienda	232677.62	195718.77	230496.02	256440.36	264396.69	238449.99	226375.12	246818.65	212614.11	174053.79	257010.55	256191.25

Nota: Trabajado con información histórica del año 2022, post aplicación de LM. Información adaptada de la empresa en estudio.

BIBLIOTECA D

Teniendo en cuenta los consumos de insumos químicos para la producción de azúcar rubia y los materiales de envasado que se presentan en la Tablas 18 y 19, se procede a calcular el MRP de requerimiento de insumos químicos y de materiales de envasado para el año 2023.

Tabla 16.
Consumo de insumos químicos.

Material	Unidad de medida	Consumo
Antiespumante Prevol 1030 CIL X 200 KG	TM/Kg	3355.724
Antiincrustante para jugo	TM/Kg	112.543
Azúcar impalpable bolsa X 25KG	TM/Kg	525.549
IQBF- CAL Hidratada	TM/Kg	1.113
Casa grande alcohol etílico rectificado	L	206.464
Floculante Pro Tech PT 8100	TM/Kg	61.409
Soda caustica liquida 100%	TM/Kg	4.900

Nota: Para producción de azúcar rubia. Información adaptada de la empresa en estudio.

Tabla 17.
Consumo de materiales de envasado.

Material	Unidad de medida	Consumo
Bolsa Papel Az.Rubia Dom. X 50KG Casa Grande	Mil/TM	37.503
Bolsa Pp Rubia Domest.X 50KG Casa Grande	Mil/TM	40.233
Hilo pabilo 10/4 Hebras 100% poliéster	KG/TM	20.103

Nota: Para producción de azúcar rubia. Información adaptada de la empresa en estudio.

Es así que en la Tabla 20 a la Tabla 26 se presentan la explosión de consumos de insumos químicos para el año 2023 y en la Tabla 27 se presenta el requerimiento de materiales de envasado, de acuerdo a la proyección de producción de azúcar rubia realizado en la Tabla 17.

**Tabla 18.***MRP de explosión de insumos químico 2023: Antiespumante Prevol 1030 CIL X 200 KG.*

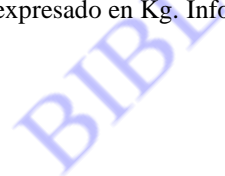
Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Total RQ caña para molienda (TM).	232677.62	195718.77	230496.02	256440.36	264396.69	238449.99	226375.12	246818.65	212614.11	174053.79	257010.55	256191.25
Consumo de Caña por Kg de antiespumante Prevol 1030 CIL X 200 KG. (TM).	3355.72	3379.45	3379.45	3379.45	3379.45	3379.45	3379.45	3379.45	3379.45	3379.45	3379.45	3379.45
Total RQ Antiespumante Prevol 1030 CIL X 200 KG (KG).	69.34 KG	57.91 KG	68.21 KG	75.88 KG	78.24 KG	70.56 KG	66.99 KG	73.04 KG	62.91 KG	51.50 KG	76.05 KG	75.81 KG

Nota: Requerimiento final expresado en Kg. Información adaptada de la empresa en estudio.

Tabla 19.*MRP de explosión de insumos químico 2023: Antiincrustante para jugo.*

Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Total RQ caña para molienda (TM).	232677.62	195718.77	230496.02	256440.36	264396.69	238449.99	226375.12	246818.65	212614.11	174053.79	257010.55	256191.25
Consumo caña por Kg de antiincrustante para jugo (TM).	112.54	112.54	112.54	112.54	112.54	112.54	112.54	112.54	112.54	112.54	112.54	112.54
Total RQ Antiincrustante para jugo (KG).	2067.46 KG	1739.06 KG	2048.07 KG	2278.60 KG	2349.30 KG	2118.75 KG	2011.46 KG	2193.11 KG	1889.18 KG	1546.56 KG	2283.67 KG	2276.39 KG

Nota: Requerimiento final expresado en Kg. Información adaptada de la empresa en estudio.



**Tabla 20.***MRP de explosión de insumos químico 2023: Azúcar impalpable bolsa X 25KG.*

Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Total RQ caña para molienda	232677.62	195718.77	230496.02	256440.36	264396.69	238449.99	226375.12	246818.65	212614.11	174053.79	257010.55	256191.25
Consumo caña por Kg azúcar impalpable bolsa X 25KG	525.55	525.55	525.55	525.55	525.55	525.55	525.55	525.55	525.55	525.55	525.55	525.55
Total RQ Azúcar impalpable bolsa X 25KG (KG).	442.73 KG	372.41 KG	438.58 KG	487.95 KG	503.09 KG	453.72 KG	430.74 KG	469.64 KG	404.56 KG	331.18 KG	489.03 KG	487.47 KG

Nota: Requerimiento final expresado en Kg. Información adaptada de la empresa en estudio.

Tabla 21.*MRP de explosión de insumos químico 2023: IQBF- CAL Hidratada.*

Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Total RQ caña para molienda	232677.62	195718.77	230496.02	256440.36	264396.69	238449.99	226375.12	246818.65	212614.11	174053.79	257010.55	256191.25
Consumo caña por Kg IQBF- CAL Hidratada	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
Total RQ IQBF- CAL Hidratada (KG).	209052.47 KG	175846.27 KG	207092.38 KG	230402.44 KG	237550.91 KG	214238.73 KG	203389.90 KG	221757.67 KG	191026.13 KG	156381.07 KG	230914.73 KG	230178.61KG

Nota: Requerimiento final expresado en Kg. Información adaptada de la empresa en estudio.

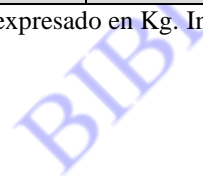


Tabla 22.*MRP de explosión de insumos químico 2023: Casa grande alcohol etílico rectificado.*

Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Total RQ caña para molienda	232677.62	195718.77	230496.02	256440.36	264396.69	238449.99	226375.12	246818.65	212614.11	174053.79	257010.55	256191.25
Consumo caña por L de Casa grande alcohol etílico rectificado.	206.46	206.46	206.46	206.46	206.46	206.46	206.46	206.46	206.46	206.46	206.46	206.46
Total RQ Casa grande alcohol etílico rectificado (L).	1126.97 L	947.96 L	1116.40 L	1242.06 L	1280.60 L	1154.92 L	1096.44 L	1195.46 L	1029.79 L	843.02 L	1244.82 L	1240.85 L

Nota: Requerimiento final expresado en litros (L). Información adaptada de la empresa en estudio.

Tabla 23.*MRP de explosión de insumos químico 2023: Flocculante Pro Tech PT 8100.*

Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Total RQ caña para molienda	232677.62 TM	195718.77 TM	230496.02 TM	256440.36 TM	264396.69 TM	238449.99 TM	226375.12 TM	246818.65 TM	212614.11 TM	174053.79 TM	257010.55 TM	256191.25 TM
Consumo caña por Kg Flocculante Pro Tech PT 8100.	61.41 TM	61.41 TM	61.41 TM	61.41 TM	61.41 TM	61.41 TM	61.41 TM	61.41 TM	61.41 TM	61.41 TM	61.41 TM	61.41 TM
Total RQ Flocculante Pro Tech PT 8100 (KG).	3788.98 KG	3187.13 KG	3753.46 KG	4175.94 KG	4305.50 KG	3882.98 KG	3686.35 KG	4019.26 KG	3462.26 KG	2834.34 KG	4185.23 KG	4171.88 KG

Nota: Requerimiento final expresado en Kg. Información adaptada de la empresa en estudio.

**Tabla 24.***MRP de explosión de insumos químico 2023: Soda caustica liquida 100%.*

Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Total RQ caña para molienda	232677.62	195718.77	230496.02	256440.36	264396.69	238449.99	226375.12	246818.65	212614.11	174053.79	257010.55	256191.25
Consumo caña por Kg Soda caustica liquida 100%.	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90
Total RQ Soda caustica liquida 100% (Kg).	47483.29 KG	39940.98 KG	47038.08 KG	52332.63 KG	53956.31 KG	48661.28 KG	46197.12 KG	50369.10 KG	43388.86 KG	35519.73 KG	52448.99 KG	52281.79KG

Nota: Requerimiento final expresado en Kg. Información adaptada de la empresa en estudio.

Tabla 25.*MRP de explosión de requerimiento materiales de envasado.*

Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Bolsa papel (Mil)	93	78	92	103	106	96	91	99	85	70	103	103
Bolsa PP (Mil)	93	78	92	103	106	96	91	99	85	70	103	103
Hilos (Kg)	233	196	231	257	265	239	227	247	213	175	258	257

Nota: Requerimiento final de materiales de envasado según se indica. Información adaptada de la empresa en estudio.

Seguidamente, se presentan las ventanas de ingreso para el MRP propuesto, donde en la Figura 7 se presentan la tabla de datos de ingreso de información correspondiente a la cantidad de personal y horas de trabajo.

Figura 7

Ventana de ingreso de datos para programación de personal.

Concepto	Cantidad
Cantidad de personal para molienda/día	
Cantida de personal para empaque/día	
Jornada de trabajo/día (Horas)	
Horas extras programadas/día	

Nota: Ventana para ingreso de datos correspondiente a la programación semanal por medio del MRP. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8 se presenta la ventana de requerimiento de producción como programación de MRP para programar la producción a trabajar en planta de forma semanal. Es preciso indicar que el reporte y datos de la Tabla 18 es un consolidado mensual, los ingresos de requerimiento de producción se realizan por día y de forma semanal, sin embargo, existe la opción de obtener información semanal, mensual, trimestral, de acuerdo al requerimiento de análisis que requiera el usuario.

Figura 8

Ventana de ingreso de programación de producción.

Producto:		Semana:		Del		Al	
Concepto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
RQ de producción							

Nota: Ventana de ingreso de datos de semana a programar mediante MRP. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 9 y 10 se presenta las ventanas de ingreso de información de consumos de insumos químicos y de materiales de envasado, donde esta información es ingresada al sistema MRP por única vez, dado que es información estandar que utiliza el sistema MRP para calcular de forma interna los consumos de insumos químicos y materiales de envasado, en función a la cantidad de azúcar que se requiere producir.

Figura 9

Ventana de ingreso de consumo de insumos químicos.

Material	Unidad de medida	Consumo
1. Antiespumante Prevol 1030 CIL X 200 KG	TM/Kg	3355.724
2. Antiincrustante para jugo	TM/Kg	112.543
3. Azúcar impalpable bolsa X 25KG	TM/Kg	525.549
4. IQBF- CAL Hidratada	TM/Kg	1.113
5. Casa grande alcohol etílico rectificado	L	206.464
6. Floculante Pro Tech PT 8100	TM/Kg	61.409
7. Soda caustica liquida 100%	TM/Kg	4.900

Nota: Ventana de ingreso al MRP de insumos químicos para producir azúcar rubia, información que se ingresa por única vez, salvo existan cambios aprobados por la gerencia como mejora en los consumos, cambio de materiales, entre otros. Fuente: Información adaptada de la empresa en estudio.

Figura 10

Ventana de ingreso de consumo de material de envasado.

Material	Unidad de medida	Consumo
1. Bolsa Papel Az.Rubia Dom. X 50KG Casa Grande	Mil/TM	37.503
2. Bolsa Pp Rubia Domest.X 50KG Casa Grande	Mil/TM	40.233
3. Hilo pabilo 10/4 Hebras 100% poliéster	KG/TM	20.103

Nota: Ventana de ingreso al MRP de materiales de envasado para empacar azúcar rubia, información que se ingresa por única vez, salvo existan cambios aprobados por la gerencia como mejora en los consumos, cambio de materiales, entre otros. Fuente: Información adaptada de la empresa en estudio.

Finalmente se presenta los requerimientos de caña de azúcar, insumos químicos y materiales de envasado para una semana de producción, mediante un programa de requerimiento de materiales MRP, ver Tablas 28, 29 y 30 respectivamente.

BIBLIOTECA DE POSGRADO - UNT



Tabla 26.

Programa MRP de requerimiento de caña de azúcar – Expresado en TM para una semana.

Concepto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
RQ de azúcar	151.24 TM	151.24 TM	151.24 TM	151.24 TM	151.24 TM	151.24 TM	151.24 TM
Consumo de caña por TM	49.33 TM	49.33 TM	49.33 TM	49.33 TM	49.33 TM	49.33 TM	49.33 TM
RQ de caña	7460.96 TM	7460.96 TM	7460.96 TM	7460.96 TM	7460.96 TM	7460.96 TM	7460.96 TM
Reserva seguridad (0.6% del RQ)	44.77 TM	44.77 TM	44.77 TM	44.77 TM	44.77 TM	44.77 TM	44.77 TM
Total RQ caña para molienda	7505.73 TM	7505.73 TM	7505.73 TM	7505.73 TM	7505.73 TM	7505.73 TM	7505.73 TM

Nota: Ejemplo de reporte de requerimiento de caña de azúcar para la producción semanal. Elaboración propia.

BIBLIOTECA

Seguidamente se presenta el requerimiento de insumos químicos para la producción de azúcar rubia de acuerdo a la cantidad de caña de azúcar para molienda calculado en la Tabla 26:

Tabla 27.

Programa MRP de requerimiento de insumos químicos para una semana.

Concepto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Antiespumante Prevol 1030 CIL X 200 KG (Kg).	2.24 KG	2.24 KG	2.24 KG	2.24 KG	2.24 KG	2.24 KG	2.24 KG
Antiincrustante para jugo (Kg).	66.69 KG	66.69 KG	66.69 KG	66.69 KG	66.69 KG	66.69 KG	66.69 KG
Azúcar impalpable bolsa X 25KG (Kg).	14.28 KG	14.28 KG	14.28 KG	14.28 KG	14.28 KG	14.28 KG	14.28 KG
IQBF- CAL Hidratada (Kg).	6743.63 KG	6743.63 KG	6743.63 KG	6743.63 KG	6743.63 KG	6743.63 KG	6743.63 KG
Casa grande alcohol etílico rectificado (L).	36.35 L	36.35 L	36.35 L	36.35 L	36.35 L	36.35 L	36.35 L
Floculante Pro Tech PT 8100 (Kg).	122.23 KG	122.23 KG	122.23 KG	122.23 KG	122.23 KG	122.23 KG	122.23 KG
Soda caustica liquida 100% (Kg).	1531.72 KG	1531.72 KG	1531.72 KG	1531.72 KG	1531.72 KG	1531.72 KG	1531.72 KG

Nota: Ejemplo de reporte de requerimiento de materiales de envase para una semana de producción. Elaboración propia.

En la Tabla 28 se presenta el requerimiento de materiales de envasado:

TNT

Tabla 28.

Programa MRP de requerimiento materiales de envasado para una semana.

Concepto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Bolsa papel	3	3	3	3	3	3	3
Bolsa PP	3	3	3	3	3	3	3
Hilos	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52

Nota: Ejemplo de reporte de requerimiento de materiales de envase para una semana de producción. Elaboración propia.

BIBLIOTECA DE POSC

También se presenta el programa de mantenimiento propuesto que permitirá que los fallos minimicen y asegurar el cumplimiento de lo establecido por la propuesta de MRP. Es así que se presenta la Tabla 31 con el plan de mantenimiento anual.

Tabla 29.

Programa de mantenimiento propuesto basado en la aplicación de RCM a través de LM.

Causa Raíz	Resultado	Mantenimiento propuesto para la solución del problema	Cantidad de Horas RQ	Período	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic	Total
La cadena de transmisión se sale.	I	Alineamiento de la cadena.	3.5	Semestral	3.5						3.5						7.00 Hrs.
Rotura de rodamiento.	I	Cambio del rodamiento.	4.2	Semestral	4.2						4.2						8.40 Hrs.
Exceso de carga de azúcar.	I	Revisión del tablero de control.	0.75	Mensual	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	9.00 Hrs.
La cadena de transmisión se sale.	I	Alineamiento de la cadena.	3.5	Semestral	3.5						3.5						7.00 Hrs.
Rotura de rodamiento.	I	Cambio del rodamiento.	4.2	Semestral	4.2						4.2						8.40 Hrs.
Exceso de carga de azúcar.	I	Revisión del tablero de control.	0.75	Mensual	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	9.00 Hrs.
Total, Horas					16.90	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	16.90	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	48.80 Hrs.

Nota: El equipo de mantenimiento responsable de realizar el mantenimiento propuesto se encuentra conformado por 1 técnico y dos ayudantes. Elaboración propia.

Finalmente se presenta como medida rápida de control la inspección o ruta realizada por el personal mecánico de turno que permitirá monitorear y observar el estado de los equipos para asegurar el cumplimiento de lo establecido por la propuesta de MRP. Es así que se presenta la Figura 11 Ruta e inspección del mecánico de turno.

Figura 11

Ruta e inspección de equipos que realiza el mecánico al inicio de cada turno.

HOJA DE RUTA / MECANICOS DE CENTRIFUGAS																																																																																																																																																																																																																																																								
FECHA:	RESPONSABLES:																																																																																																																																																																																																																																																							
<p>CENTRIFUGA WESTER STATE 1A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa</p> <p>Levantador de campana</p> <p>Descargador (bloqueo y descarga)</p> <p>Tubería y boquillas de lavado y colorante</p> <p>Cedazo</p> <p>Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)</p> <p>Ruidos extraños</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																			<p>CENTRIFUGA SILVER WEIBULL 2A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa</p> <p>Levantador de campana</p> <p>Descargador (bloqueo y descarga)</p> <p>Tubería y boquillas de lavado y colorante</p> <p>Cedazo</p> <p>Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)</p> <p>Ruidos extraños</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>CENTRIFUGA BMA LINEA A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa</p> <p>Levantador de campana</p> <p>Descargador (bloqueo y descarga)</p> <p>Tubería y boquillas de lavado y colorante</p> <p>Cedazo</p> <p>Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)</p> <p>Ruidos extraños</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>ELEVADOR DE CANGILONES "A"</p> <p>Cangilones, pernería y placa de soporte</p> <p>Chumaceras tensoras</p> <p>Acoplamiento y elastomero</p> <p>Ruidos extraños</p> <p>T° Chumacera lado motor (°C)</p> <p>T° Chumacera lado libre (°C)</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>CENTRIFUGA SILVER WEIBULL 3A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa</p> <p>Levantador de campana</p> <p>Descargador (bloqueo y descarga)</p> <p>Tubería y boquillas de lavado y colorante</p> <p>Cedazo</p> <p>Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)</p> <p>Ruidos extraños</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>MIXER DE MASA "A"</p> <p>Aletas y pernería</p> <p>Bocinas de bronce (ruidos)</p> <p>Sin fin y rueda dentada</p> <p>Sistema de Transmision</p> <p>LANCHON BMA</p> <p>Sistema de Transmision</p> <p>Chumaceras, cadena y prensa estopa</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>CENTRIFUGA WESTER STATE 4A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa</p> <p>Levantador de campana</p> <p>Descargador (bloqueo y descarga)</p> <p>Tubería y boquillas de lavado y colorante</p> <p>Cedazo</p> <p>Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)</p> <p>Ruidos extraños</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>CONDUCTOR "A"</p> <p>Cadena de arrastre, pasadores</p> <p>Platinas y tapas</p> <p>Sistema de Transmision</p> <p>Ruidos extraños</p> <p>T° Chumacera lado motor (°C)</p> <p>T° Chumacera lado libre (°C)</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>Leyenda: 1 - Óptimo estado de funcionamiento / 2 - ruido extraño / 3 - detección de falla</p>						1° TURNO:				2° TURNO:				3° TURNO:		JEFE DE MITTO MECANICO	SUPERVISOR DE CENTRIFUGAS	MECANICO DE CENTRIFUGAS	JEFE DE PRODUCCION
TURNO																																																																																																																																																																																																																																																								
M	T	N																																																																																																																																																																																																																																																						
TURNO																																																																																																																																																																																																																																																								
M	T	N																																																																																																																																																																																																																																																						
<p>CENTRIFUGA BMA LINEA A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa</p> <p>Levantador de campana</p> <p>Descargador (bloqueo y descarga)</p> <p>Tubería y boquillas de lavado y colorante</p> <p>Cedazo</p> <p>Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)</p> <p>Ruidos extraños</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>ELEVADOR DE CANGILONES "A"</p> <p>Cangilones, pernería y placa de soporte</p> <p>Chumaceras tensoras</p> <p>Acoplamiento y elastomero</p> <p>Ruidos extraños</p> <p>T° Chumacera lado motor (°C)</p> <p>T° Chumacera lado libre (°C)</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>CENTRIFUGA SILVER WEIBULL 3A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa</p> <p>Levantador de campana</p> <p>Descargador (bloqueo y descarga)</p> <p>Tubería y boquillas de lavado y colorante</p> <p>Cedazo</p> <p>Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)</p> <p>Ruidos extraños</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>MIXER DE MASA "A"</p> <p>Aletas y pernería</p> <p>Bocinas de bronce (ruidos)</p> <p>Sin fin y rueda dentada</p> <p>Sistema de Transmision</p> <p>LANCHON BMA</p> <p>Sistema de Transmision</p> <p>Chumaceras, cadena y prensa estopa</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>CENTRIFUGA WESTER STATE 4A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa</p> <p>Levantador de campana</p> <p>Descargador (bloqueo y descarga)</p> <p>Tubería y boquillas de lavado y colorante</p> <p>Cedazo</p> <p>Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)</p> <p>Ruidos extraños</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>CONDUCTOR "A"</p> <p>Cadena de arrastre, pasadores</p> <p>Platinas y tapas</p> <p>Sistema de Transmision</p> <p>Ruidos extraños</p> <p>T° Chumacera lado motor (°C)</p> <p>T° Chumacera lado libre (°C)</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>Leyenda: 1 - Óptimo estado de funcionamiento / 2 - ruido extraño / 3 - detección de falla</p>						1° TURNO:				2° TURNO:				3° TURNO:		JEFE DE MITTO MECANICO	SUPERVISOR DE CENTRIFUGAS	MECANICO DE CENTRIFUGAS	JEFE DE PRODUCCION																																																							
TURNO																																																																																																																																																																																																																																																								
M	T	N																																																																																																																																																																																																																																																						
TURNO																																																																																																																																																																																																																																																								
M	T	N																																																																																																																																																																																																																																																						
<p>CENTRIFUGA SILVER WEIBULL 3A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa</p> <p>Levantador de campana</p> <p>Descargador (bloqueo y descarga)</p> <p>Tubería y boquillas de lavado y colorante</p> <p>Cedazo</p> <p>Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)</p> <p>Ruidos extraños</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>MIXER DE MASA "A"</p> <p>Aletas y pernería</p> <p>Bocinas de bronce (ruidos)</p> <p>Sin fin y rueda dentada</p> <p>Sistema de Transmision</p> <p>LANCHON BMA</p> <p>Sistema de Transmision</p> <p>Chumaceras, cadena y prensa estopa</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>CENTRIFUGA WESTER STATE 4A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa</p> <p>Levantador de campana</p> <p>Descargador (bloqueo y descarga)</p> <p>Tubería y boquillas de lavado y colorante</p> <p>Cedazo</p> <p>Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)</p> <p>Ruidos extraños</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>CONDUCTOR "A"</p> <p>Cadena de arrastre, pasadores</p> <p>Platinas y tapas</p> <p>Sistema de Transmision</p> <p>Ruidos extraños</p> <p>T° Chumacera lado motor (°C)</p> <p>T° Chumacera lado libre (°C)</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>Leyenda: 1 - Óptimo estado de funcionamiento / 2 - ruido extraño / 3 - detección de falla</p>						1° TURNO:				2° TURNO:				3° TURNO:		JEFE DE MITTO MECANICO	SUPERVISOR DE CENTRIFUGAS	MECANICO DE CENTRIFUGAS	JEFE DE PRODUCCION																																																																																																																	
TURNO																																																																																																																																																																																																																																																								
M	T	N																																																																																																																																																																																																																																																						
TURNO																																																																																																																																																																																																																																																								
M	T	N																																																																																																																																																																																																																																																						
<p>CENTRIFUGA WESTER STATE 4A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa</p> <p>Levantador de campana</p> <p>Descargador (bloqueo y descarga)</p> <p>Tubería y boquillas de lavado y colorante</p> <p>Cedazo</p> <p>Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)</p> <p>Ruidos extraños</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																						<p>CONDUCTOR "A"</p> <p>Cadena de arrastre, pasadores</p> <p>Platinas y tapas</p> <p>Sistema de Transmision</p> <p>Ruidos extraños</p> <p>T° Chumacera lado motor (°C)</p> <p>T° Chumacera lado libre (°C)</p> <p><u>OBSERVACIONES DE FALLA</u></p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p> </p> <p>NOMBRE DEL OPERADOR:</p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TURNO			M	T	N																																																																																																																																																																																																																				
TURNO																																																																																																																																																																																																																																																								
M	T	N																																																																																																																																																																																																																																																						
TURNO																																																																																																																																																																																																																																																								
M	T	N																																																																																																																																																																																																																																																						
<p>Leyenda: 1 - Óptimo estado de funcionamiento / 2 - ruido extraño / 3 - detección de falla</p>																																																																																																																																																																																																																																																								
		1° TURNO:																																																																																																																																																																																																																																																						
		2° TURNO:																																																																																																																																																																																																																																																						
		3° TURNO:																																																																																																																																																																																																																																																						
JEFE DE MITTO MECANICO	SUPERVISOR DE CENTRIFUGAS	MECANICO DE CENTRIFUGAS	JEFE DE PRODUCCION																																																																																																																																																																																																																																																					

HOJA DE RUTA / MECANICOS DE CENTRIFUGAS

FECHA: _____

RESPONSABLES: _____

	TURNO		
	M	T	N
CENTRIFUGA WESTER STATE 1B			
Compuerta de apertura y cierre de masa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Levantador de campana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Descargador (bloque y descarga)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tubería y boquillas de lavado y colorante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cedazo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ruidos extraños	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES DE FALLA			
NOMBRE DEL OPERADOR:			

	TURNO		
	M	T	N
CENTRIFUGA SILVER WEIBULL 2B			
Compuerta de apertura y cierre de masa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Levantador de campana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Descargador (bloque y descarga)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tubería y boquillas de lavado y colorante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cedazo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ruidos extraños	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES DE FALLA			
NOMBRE DEL OPERADOR:			

	TURNO		
	M	T	N
CENTRIFUGA BROADBENT 6B			
Compuerta de apertura y cierre de masa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Levantador de campana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Descargador (bloque y descarga)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tubería y boquillas de lavado y colorante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cedazo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ruidos extraños	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES DE FALLA			
NOMBRE DEL OPERADOR:			

	TURNO		
	M	T	N
CENTRIFUGA BROADBENT 7B			
Compuerta de apertura y cierre de masa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Levantador de campana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Descargador (bloque y descarga)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tubería y boquillas de lavado y colorante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cedazo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ruidos extraños	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES DE FALLA			
NOMBRE DEL OPERADOR:			

	TURNO		
	M	T	N
CONDUCTOR "A-B"			
Cadena de arrastre, pasadores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Platinas y tapas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de Transmision	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ruidos extraños	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T° Chumacera lado motor (°C)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T° Chumacera lado libre (°C)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES DE FALLA			
NOMBRE DEL OPERADOR:			

	TURNO		
	M	T	N
ELEVADOR DE CANGILONES "B"			
Cangilones, pernería y placa de soporte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chumaceras tensoras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acoplamiento y elastomero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ruidos extraños	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T° Chumacera lado motor (°C)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T° Chumacera lado libre (°C)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES DE FALLA			
NOMBRE DEL OPERADOR:			

	TURNO		
	M	T	N
MIXER DE MASA "B"			
Aletas y pernería	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bocinas de bronce (ruidos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sin fin y rueda dentada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de Transmision	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES DE FALLA			
NOMBRE DEL OPERADOR:			

	TURNO		
	M	T	N
CONDUCTOR "B"			
Cadena de arrastre, pasadores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Platinas y tapas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema de Transmision	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ruidos extraños	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T° Chumacera lado motor (°C)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
T° Chumacera lado libre (°C)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES DE FALLA			
NOMBRE DEL OPERADOR:			

Leyenda: 1 - Óptimo estado de funcionamiento / 2 - ruido extraño / 3 - detección de falla

1° TURNO: _____

2° TURNO: _____

3° TURNO: _____

JEFE DE MITTO MECANICO

SUPERVISOR DE CENTRIFUGAS

MECANICO DE CENTRIFUGAS

JEFE DE PRODUCCION

Nota: Ruta e inspección de equipos que afecta la producción de azúcar rubia en la empresa. Elaboración propia.

3.7 Programa de capacitación

En la Tabla 32 se presenta el programa anual de capacitación de RCM y en la Tabla 33 se presenta el programa de capacitación anual para el MRP.

Tabla 30.

Programa anual de capacitación RCM.

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic	Total
- Pasos RCM	X			X			X			X			X
- Manejo de instructivos	X			X			X			X			X

Nota: Programa trimestral de capacitación. Elaboración propia.

Tabla 31.

Programa anual de capacitación MRP.

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic	Total
- Ingreso de datos de consumo	X			X			X			X			X
- Programación de producción	X			X			X			X			X
- Explosión de materia prima, insumos y materiales.	X			X			X			X			X

Nota: Programa trimestral de capacitación. Elaboración propia.

3.8 Análisis del cumplimiento de la programación de producción con MRP

Considerando la programación mensual con MRP de insumos químicos, materia prima y materiales de envasado determinados en las Tablas 20 al 26, Tabla 17 y Tabla 27 respectivamente del año 2022, se consolidó esta información en el Anexo 14; seguidamente se recopiló información de consumo de insumos químicos, materia prima y materiales envasado del mismo año (Ver Anexo 15), con ambos datos de requerimiento y consumo de insumos químicos, materia prima y materiales de envasado, se procedió a calcular el cumplimiento de programación con MRP, obteniendo así la Tabla 34. Obteniendo que el cumplimiento de consumo de insumos químicos, materia prima y materiales de envasado fue entre 92.09% a 94.71%, con un promedio de cumplimiento del 93.74% para un cumplimiento de producción de 92.20% (Tabla 16).

BIBLIOTECA DE POSGRADO UNM



Tabla 32.
Cumplimiento de programa MRP 2022.

Tipo de Requerimiento	Insumo/Material	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Insumos	Antiespumante Prevot 1030 CIL X 200 KG (Kg).	89.45%	90.48%	92.86%	94.50%	92.05%	95.48%	93.19%	94.96%	96.62%	94.34%	94.55%	96.35%	93.74%
	Antiincrustante para jugo (Kg).	87.42%	88.30%	90.62%	92.23%	90.71%	94.14%	91.85%	93.56%	95.28%	93.00%	93.12%	94.86%	92.09%
	Azúcar impalpable bolsa X 25KG (Kg).	88.15%	89.08%	91.42%	93.05%	93.61%	97.04%	94.75%	96.59%	98.18%	95.89%	96.21%	98.09%	94.34%
	IQBF- CAL Hidratada (Kg).	89.70%	90.75%	93.14%	94.78%	92.78%	96.21%	93.92%	95.72%	97.35%	95.06%	95.33%	97.16%	94.33%
	Casa grande alcohol etílico rectificado (L).	88.62%	89.59%	91.94%	93.57%	91.52%	94.95%	92.67%	94.41%	96.10%	93.81%	93.99%	95.76%	93.08%
	Floculante Pro Tech PT 8100 (Kg).	90.01%	91.09%	93.48%	95.13%	93.17%	96.60%	94.31%	96.13%	97.74%	95.46%	95.75%	97.60%	94.71%
	Soda caustica liquida 100% (Kg).	89.27%	90.29%	92.66%	94.30%	93.26%	96.69%	94.40%	96.23%	97.83%	95.54%	95.84%	97.70%	94.50%
Materia prima	Total RQ caña para molienda	90.10%	91.19%	93.58%	95.23%	91.91%	95.34%	93.06%	94.82%	96.49%	94.20%	94.41%	96.20%	93.88%
Envasado	Bolsa papel	88.17%	88.46%	91.30%	93.20%	92.45%	95.83%	93.41%	94.95%	96.47%	94.29%	95.15%	97.09%	93.40%
	Bolsa PP	89.25%	89.74%	92.39%	94.17%	91.51%	94.79%	92.31%	93.94%	95.29%	92.86%	93.20%	95.15%	92.88%
	Hilos	87.98%	88.78%	91.34%	93.00%	93.58%	97.07%	94.71%	96.36%	98.12%	95.43%	96.12%	98.05%	94.21%

Nota: Cumplimiento mensual de consumo de insumos químicos, materiales de envasado y materia prima según lo programado con MRP. Elaboración propia.

BIBLIOTECA

3.9 Evaluación de riesgos de la mejora propuesta.

Evaluar los riesgos implica analizar el proceso de gestión de riesgos, para lo cual se requiere de cuatro aspectos:

- Primero, de la valoración del riesgo: Proceso mediante el cual se identifica, analiza y evalúa el riesgo.
- Segundo, del control del riesgo: proceso mediante el cual se reduce y acepta la existencia del riesgo.
- Tercero, de la obtención de resultados de los riesgos.
- Cuarto, revisar los riesgos.

Seguidamente, se procede a evaluar los riesgos de la mejora propuesta, partiendo de la matriz correspondiente a la Tabla 13; de donde se obtiene a los equipos críticos: Centrífuga y elevador de azúcar. Mientras que los criterios de análisis de riesgo se obtienen en función al equipo, al operador y a las personas que laboran y se encuentran expuestas a la operatividad del equipo. Es así que se presenta la Tabla 35 con el análisis de riesgo en función a los cuatro aspectos definidos para tal fin.



Tabla 33.

Análisis del riesgo de la propuesta de mejora.

Equipo	Falla funcional	Modo de fallo	Efecto de fallo	Causa que ocasiona el fallo	1. Valoración			2. Control del riesgo	3. Obtención de los resultados	4. Revisión de riesgos		
					Equipo	Operador	Personal del área					
1 Centrífuga.	Separar azúcar de la miel..	Falla del motor.	La falla dificulta la separación de la miel del azúcar.	- Rodamiento vencido.	Existe posibilidad media que la falla ocurra y producto del cual exista dificultad en la separación de la miel del azúcar, con riesgo de que afecte al proceso productivo de forma alta. Producido por rodamiento vencido, sobrecalentamiento del motor o porque no se encuentre el armazón del motor.	No existe riesgo.	No existe riesgo.	Cambiar rodamiento.	Confirmación del cambio de rodamiento.	Mediante el análisis de vibración del motor.		
				- Sobre calienta el motor.				Mediante plan de Mtto.	Cumplimiento del plan de Mtto.	Supervisión.		
				- Armazón del motor no se encuentra cubierta.				Cubrir/proteger el motor.	Verificando si el motor se encuentra protegido.	Supervisión.		
2 Elevador de azúcar húmeda.	Transportar azúcar húmeda.	Falla del motor.	El motor se detiene.	- Sobre calienta el motor.	Existe alta probabilidad de que el motor falle y se detenga. Producido por sobrecalentamiento del motor, porque la cadena del motor se sale o porque se rompió el rodamiento.	No existe riesgo.	No existe riesgo.	Mediante plan de Mtto.	Cumplimiento del plan de Mtto.	Supervisión.		
				- La cadena de transmisión se sale.				Alineamiento de la cadena.	Confirmación del alineamiento de la cadena.	Supervisión.		
				- Rotura de rodamiento.				Cambio del rodamiento.	Confirmación del cambio de rodamiento.	Mediante el análisis de vibración del motor.		
				El azúcar se atora.				- Exceso de carga de azúcar.	Existe alta probabilidad de que el motor falle y el azúcar se atore. Producido por exceso de carga de azúcar y por diferencia de velocidad.	No existe riesgo.	No existe riesgo.	Revisión del tablero de control.
				- Diferencia de velocidad.						Revisión del tablero de control.	Confirmación de revisión de tablero de control.	Supervisión.

Nota: Elaborado en función a la Matriz AMFE y del análisis de los componentes críticos de acuerdo a nivel de criticidad, tomando el criterio de (Carranza & Quispe, 2015).
Elaboración propia.

BIBLIOTECA

3.10 Evaluación económica de la aplicación de la propuesta.

Inversión

En la Tabla 36 se presentan los costos por aplicar RCM, para lo cual se ha considerado el personal de mantenimiento que interviene en atenciones de mantenimiento, considerando el sueldo actual, los cuales han sido afectado por 60% de costo por estar en planillas, información que ha sido proporcionado por la empresa en análisis. Obteniendo un costo promedio por hora de mantenimiento RCM de S/. 47.33; considerando que, de acuerdo a la Tabla 31 se tiene un total de 48.80 horas de mantenimiento al año, se tiene un costo total por aplicar RCM de S/. 2,309.87 al año.

Tabla 34.

Cálculo de costos por aplicar mantenimiento programado aplicación de RCM a través de LM.

Equipo técnico	Cantidad	Sueldo	Total, Costo
Técnico Mecánico	1	S/ 3,500.00	S/ 5,600.00
Ayudante 1	1	S/ 1,200.00	S/ 1,920.00
Ayudante 2	2	S/ 1,200.00	S/ 3,840.00
Costo total por mano de obra/Mes			S/ 11,360.00
Costo hora			S/ 47.33
Total horas de mantenimiento RCM			48.80 Hrs.
Costo total de mantenimiento			S/ 2,309.87

Nota: Costo que permite calcular el costo por hora del personal de mantenimiento, costo que permite determinar el costo total por aplicar el programa de mantenimiento propuesto en la Tabla 31 con 48.80 horas al año. Elaboración propia.

En la Tabla 37 se presenta el cálculo de costos por aplicar RCM a través de LM, considerando cada paso que se ha realizado para tal fin, considerando para ellos los días que se han requerido, con costos promedios si se realizara por medio de una consultoría, información proporcionada por la empresa en análisis. Obteniendo finalmente un costo total de S/. 46,000.00.

Tabla 35.*Cálculo de costos por aplicación de RCM a través de LM.*

Descripción	Tiempo	Costo
– Análisis del proceso de producción de azúcar rubia.	6 Días	S/ 5,800.00
– Análisis de equipos críticos.	13 Días	S/ 7,500.00
– Análisis con la matriz AMEF.	5 Días	S/ 5,500.00
– Análisis de los componentes críticos de acuerdo a nivel de criticidad.	6 Días	S/ 5,500.00
– Análisis de componentes críticos.	4 Días	S/ 5,500.00
– Programa de mantenimiento propuesto.	3 Días	S/ 1,200.00
– Capacitación a personal (Total 12 personas).	3 Días	S/ 15,000.00
Sub Total 1		S/ 46,000.00

Nota: Costos asignados de acuerdo al tiempo empleado, de acuerdo a información de costos proporcionado por la empresa. Elaboración propia.

En la Tabla 38 se presenta el cálculo de costos por aplicar MRP, de acuerdo a los pasos realizados en el presente trabajo, el cual suma un total de S/. 8,540.00

Tabla 36.*Cálculo de costos por aplicar Programación MRP.*

Descripción	Tiempo	Costo
Cálculo de requerimiento de caña de azúcar.	3 Días	S/ 1,000.00
Cálculo de requerimiento de insumos químicos.	5 Días	S/ 3,500.00
Cálculo de requerimiento de materiales de envasado.	3 Días	S/ 2,000.00
Presentación de ventanas MRP	2 Días	S/ 1,200.00
Capacitación al personal (3 personas)	1 Días	S/ 840.00
Sub Total 2		S/ 8,540.00

Nota: Costos asignados de acuerdo al tiempo empleado, de acuerdo a información de costos proporcionado por la empresa. Elaboración propia.

En la Tabla 39 se presenta el cálculo de costos ocultos, aquellos costos que se incurrieron en el desarrollo del presente trabajo respecto a reuniones, coordinaciones que permitieron analizar y aplicar la propuesta de mejora. Costo que suma S/. 17,577.65

Tabla 37.

Cálculo de costos ocultos: Horas que se utilizó personal de planta durante la ejecución de la propuesta de mejora.

Concepto	Personal Utilizado	Sueldo/Mes	Costo-Hora	Tiempo Requerido	Costo
– Jefe de Mantenimiento.	1	S/ 5,600.00	S/ 36.17	22.00 Hrs.	S/ 795.67
– Ingeniero de proyecto.	1	S/ 2,500.00	S/ 16.15	68 días	S/ 8,783.33
– Mecánicos.	5	S/ 3,500.00	S/ 22.60	55.00 Hrs.	S/ 6,216.15
– Ayudantes.	3	S/ 1,200.00	S/ 7.75	32.00 Hrs.	S/ 744.00
– Jefe de planta	1	S/ 6,000.00	S/ 38.75	12.00 Hrs.	S/ 465.00
– Jefe de PCP	1	S/ 6,000.00	S/ 38.75	10.00 Hrs.	S/ 387.50
– Personal de PCP	2	S/ 1,800.00	S/ 11.63	8.00 Hrs.	S/ 186.00
Sub Total 3					S/ 17,577.65

Nota: Costos asignados de acuerdo al tiempo empleado, de acuerdo a información de costos proporcionado por la empresa. Elaboración propia.

En la Tabla 40 se presenta el resumen de la inversión por aplicar el presente trabajo de tesis, donde se especifica los números de tablas que corresponden a cada ítem, obteniendo una inversión de S/. 74,427.51

Tabla 38.

Resumen de inversión requerida para aplicar la propuesta en estudio.

Concepto	Costo Total	De Tabla N°
– Costo de aplicar Mantenimiento RCM.	S/ 2,309.87	35
– Costo de Aplicación de RCM.	S/ 46,000.00	36
– Costos de Aplicación de Programación MRP	S/ 8,540.00	37
– Costos ocultos: Horas que se utilizó personal de planta durante la ejecución de la propuesta de mejora.	S/ 17,577.65	38
Total	S/ 74,427.51	

Nota: Costo total requerido para planificar la producción mediante la aplicación de RCM a través de LM
Elaboración propia.

Recuperación de pérdida

De la Tabla 4 se tiene que la cantidad de paradas antes de aplicar la presente propuesta de mejora programación MRP con la metodología LM a través del RCM se tenía

al año 92 paradas por fallo de centrifuga, 78 paradas por fallos en elevador de azúcar húmeda y 75 paradas por fallos en el elevador de azúcar seca; post aplicación de la mejora, las paradas disminuyeron a 16, 12 y 8 respectivamente, disminuyendo las paradas en 76, 66 y 67 respectivamente, ver Tabla 41.

Tabla 39.

Paros de máquina por fallo de equipos antes y post mejora.

Equipo	Antes	Post mejora	Mejora
1 Centrifuga	92	16	76
2 Elevador de azúcar húmeda	78	12	66
3 Elevador de azúcar seca	75	8	67

Nota: Se consideró analizar sólo los equipos considerados como crítico en el Pareto de la Figura 3. Elaboración propia.

Se procedió a recopilar información de cuantas horas representó la totalidad de paradas descritas en la Tabla 41 y se obtuvo la Tabla 42, obteniendo una disminución de horas de parada de equipo de 1964.75 aplicando el presente trabajo, el cual al costearlo por el costo por hora de mantenimiento calculado en la Tabla 36, se tiene una recuperación de pérdida por mantenimiento por fallos de S/. 92,998.26. Ver Tabla 41.

Tabla 40.

Cálculo de recuperación de pérdidas por mantenimiento en fallos de equipos.

Equipo	Antes (Horas)	Post mejora (Horas)	Mejora (Horas)
1 Centrifuga	1158.004	201.392	956.61
2 Elevador de azúcar húmeda	591.24	90.96	500.28
3 Elevador de azúcar seca	568.5	60.64	507.86
Total disminución de horas de parada de equipo.			1964.75
Costo por hora de mantenimiento.			S/ 47.33
Total recuperación de horas perdidas en mantenimiento por fallos.			S/ 92,998.26

Nota: Se recopiló información anual de fallos post aplicación de MRP y RCM a través de LM. Elaboración propia.

Flujo de caja

Con la información obtenida de inversión (Tabla 40) y de recuperación de la pérdida (Tabla 42) se procede a efectuar el flujo de caja para un proyecto a 5 años, teniendo en cuenta una inflación anual de 5.87% de acuerdo al BCRP a marzo del presente año 2023 (BCRP, 2023) y un crecimiento de inflación anual de 1% a partir del tercer año de proyecto. Además, se considera 29.5% de impuesto a la renta, porcentaje vigente a la fecha. Ver Tabla 43 con el flujo de caja del presente trabajo.

BIBLIOTECA DE POSGRADO - UNI



Tabla 41.
Flujo de caja.

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Recuperación por aplicación de la propuesta (Tabla 42).		S/ 92,998.26	S/ 98,457.26	S/ 99,441.83	S/ 100,436.25	S/ 101,440.61
Costos operativos por realizar la propuesta.		S/ 18,149.87	S/ 19,215.26	S/ 19,407.42	S/ 19,601.49	S/ 19,797.51
Utilidad Neta		S/ 74,848.39	S/ 79,242.00	S/ 80,034.42	S/ 80,834.76	S/ 81,643.11
Impuesto a la renta (29.5%)		-S/ 22,080.28	-S/ 23,376.39	-S/ 23,610.15	-S/ 23,846.25	-S/ 24,084.72
Flujo de efectivo neto		S/ 52,768.12	S/ 55,865.61	S/ 56,424.26	S/ 56,988.51	S/ 57,558.39
Flujo de inversiones (Tabla 40).	-S/ 74,427.51					
Flujo de efectivo libre	-S/ 74,427.51	S/ 52,768.12	S/ 55,865.61	S/ 56,424.26	S/ 56,988.51	S/ 57,558.39
Flujo de efectivo Acumulado		S/ 52,768.12	S/ 108,633.73	S/ 165,057.99	S/ 222,046.49	S/ 279,604.88

Nota: Flujo de caja del proyecto a 5 años, donde se consideró como costos operativos a los costos de mantenimiento de la Tabla 36 por S/. 2,309.87; el costo de capacitación a personal considerado en las Tablas 37 y 38 con S/. 15,000 y S/. 840.00 respectivamente, los cuales hacen un total de S/. 18,149.87. Elaboración propia.

BIBLIOTECA

Cálculo del VAN - TIR

Para el cálculo del VAN y TIR se consideró un costo promedio de capital de 15.00% (COK), información proporcionada por la empresa, teniendo en cuentas además que la empresa no requirió de financiamiento para la ejecución del proyecto, motivo por el cual se desestima el cálculo de financiamiento financiero. Es así que, aplicando la fórmula del VAN por medio del Software Excel, se tiene un VAN de S/. 112,000.16, siendo este monto mayor a cero se determina que el proyecto es viable. Además, se obtiene un TIR de 68.14%, siendo esta tasa mayor al COK (15.00%) se determina que el presente proyecto de mejora es rentable. Ver Tabla 45 con los resultados respectivos.

Tabla 42.
VAN-TIR del proyecto.

Concepto	Año 0 (Inversión)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Valor presente	-S/ 74,427.51	S/ 45,885.32	S/ 42,242.42	S/ 37,099.87	S/ 32,583.36	S/ 28,616.69

CPPC	VAN	TIR
15.00%	S/ 112,000.16	68.14%

Nota: Resultados que indican que el presente proyecto es viable y rentable. Elaboración propia.

Tiempo de recuperación

Para el cálculo del tiempo de recuperación se procede a aplicar la siguiente fórmula:

$$PRI = a + \left(\frac{b - c}{d} \right)$$

Donde, considerando los datos obtenidos del flujo de caja de la Tabla 43 se tiene:

“a” es igual al año anterior donde se recupera la inversión según el flujo de caja acumulado = Año 1.

“b” es igual a la inversión, el cual es de S/. 74,427.51

“c” es el flujo de caja acumulado del año anterior en que se recupera la inversión = S/. 52,768.12

“d” es igual al resultado del flujo (no acumulado) del año en que se recupera la inversión = Igual a S/. 55,865.61 (correspondiente al año 2).

Entonces considerando dichos valores y reemplazándolos en la formula del PRI, se tiene:

$$PRI = a + \left(\frac{b - c}{d} \right) = 1 + \left(\frac{\frac{S/74,427.51}{S/} - \frac{S/52,768.12}{S/}}{55,865.61} \right)$$

$$PRI = 1.38770534$$

$$PRI = 1 \text{ año, 4 meses y 20 días.}$$

Entonces, la recuperación de la inversión se obtiene a 1 año, 4 meses y 20 días.

Beneficio-costo

Teniendo en cuenta el VAN obtenido de S/. 112,000.16 (Tabla 44) y la inversión de S/. 74,427.51 (Tabla 40). Se obtiene un beneficio costo de 1.505, al cual luego de restar 1 se obtiene un beneficio costo de S/. 0.505 por cada sol invertido. Con lo cual se corrobora que el proyecto es bueno.

$$\text{Beneficio-Costo} = \frac{S/ 112,000.16}{S/ 74,427.51} = 1.505$$

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

Se concluye que:

- El diseñar y aplicar el sistema MRP asociado al Lean Manufacturing para incrementar el cumplimiento de la producción en una empresa azucarera permite una mejora de la producción de 7.85%, lo cual permitió mejorar la producción de 84.35% a 92.20%, mejora obtenida con la disminución de paradas de máquina, lo cual representó una disminución de 1964.75 horas de paradas.
- Analizar el proceso de producción de azúcar permitió identificar los equipos que ocasionan el 75.85% de paradas de equipo, identificando así a la centrífuga y a los elevadores de azúcar rubia húmeda y seca.
Se logró determinar los principales fallos en los equipos que representaban el 75.85% de paradas de máquina, detectando así los fallos en la separación de azúcar por falla del motor y en el transporte de azúcar también por falla del motor.
- La técnica más adecuada a utilizar para dar solución a los principales fallos de los equipos críticos en la producción de azúcar es aplicando el RCM, identificando a los fallos de criticidad más alta, identificado como inaceptable, encontrándose en esta calificación a 6 de 13 causas raíces de fallo de equipos.
Además, se logró diseñar el plan de mantenimiento preventivo con 48.80 horas al año y diseñar instructivos de trabajo para aplicar las acciones correctivas a los fallos identificados.
- Se desarrollo la propuesta de mejora en el área de producción, se analizó el cumplimiento de la producción, el cual mejoró en 7.85%.

Se logró realizar la programación con MRP para insumos químicos, materia prima y materiales de envasado del año 2022.

Se logró analizar el cumplimiento de la programación de producción con MRP de azúcar rubia, obteniendo un cumplimiento del 93.74% como promedio anual.

- Se logró realizar la evaluación de riesgos del presente trabajo y se determinó la valorización, el control, la forma de obtener los resultados y la forma de revisión de los riesgos determinados mediante RCM. Determinando que la valorización respecto a los equipos es mediano para la centrífuga, alto para el elevador de azúcar, no existe riesgo ni para el operador ni para el personal que labora en la planta.
- Se desarrollo la evaluación económica del diseñar y aplicar el sistema MRP asociado al Lean Manufacturing para incrementar el cumplimiento de la producción en una empresa azucarera, como propuesta de mejora en el área de producción dando por resultado que es viable y rentable, sustentado con un VAN de S/. 112,000.16 y TIR de 68.14%, con una recuperación en 1 año, 4 meses y 20 días, además de un beneficio costo de S/. 1.515 por cada sol invertido.

CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES

Con el objeto de lograr la mejora continua se recomienda:

- Cumplir con los programas de capacitación anual, para lograr que todo el personal conozca y domine la mejora realizada.
- Para futuras investigaciones, se recomienda realizar procedimientos de trabajo mejorando el diseño elaborado en los instructivos de trabajo para el mantenimiento de equipos realizado en: alineamiento de cadena, cambios de rodamiento y revisión del tablero de control.
- Actualizar las políticas de trabajo para el diseño y aplicación del sistema MRP asociado al Lean Manufacturing, de tal forma que quede establecido la nueva forma de trabajo con mayor respaldo de ejecución de la mejora.
- Realizar programas de auditoría que permitan monitorear el cumplimiento de las mejoras realizadas.
- Finalmente, con el resultado del punto anterior: Generar propuesta de mejora por cada oportunidad de mejora identificada.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEN Business Magazine. (21 de 09 de 2022). *ADN Business School*.
<https://www.aden.org/business-magazine/ranking-aden-de-competitividad-cual-es-la-realidad-de-america-latina/>
- Andrade, C., & Herrera, M. (12 de 2021). Análisis de la situación actual del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM. *Ingeniar*, 4(8), 17.
<https://doi.org/https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0021>
- BCRP. (03 de 2023). *Banco central de reserva del Perú*. <https://www.bcrp.gob.pe/145-publicaciones/reporte-de-inflacion.html>
- Caba, N., Chamorro, O., & Fontalvo, T. (2016). *Gestión de la producción y operaciones*.
- Caicedo, N., García, G., Montoya, J., & Ramírez, L. (12 de 11 de 2020). A planning model of crop maintenance operations inspired in lean manufacturing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105852>
- Carranza, L., & Quispe, T. (2015). *Análisis de los componentes críticos de acuerdo a nivel de criticidad para suspensión oral a través de la aplicación de lean six sigma*. Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico , Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Centrum PUCP. (10 de 08 de 2022). *Centrum PUCP*. <https://centrum.pucp.edu.pe/centrum-news/noticias-institucionales/peru-ubica-puesto-54-de-63-paises-ranking-competitividad-mundial-2022-imd-centrum/>
- Chase, R., & Jacobs, R. (2014). *Administración de operaciones* (Decimotercera ed.). (J. Mares, Ed.) México: Mc Graw Hill.
- CMMS. (2020). <https://cmms.pe/gestion-de-mantenimiento/>

- Cruz, D., Quea, J., Bacilo, L., Lizárraga, M., & Guerra, Ó. (2018). *Buenas Prácticas en Gestión de Manufactura Utilizando la Metodología Lean Manufacturing en las Empresas de Consumo Masivo de Alimentos en el Perú*. Para obtener el Grado de Magíster en Dirección de Operaciones Productivas, Pontificia Universidad católica del Perú, Lima, Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12660>
- Diaz, V., Gonzales, V., & Medrano, J. (2017). *Mantenimiento: Técnicas y Aplicaciones Industriales*. México, México: Grupo Editorial Patria . Retrieved 28 de 05 de 2020, from https://elibro.net.upc.remotexs.xyz/es/ereader/upc/40508?fs_q=mantenimiento__equipos&fs_edition_year=2020;2019;2018;2017&prev=fs&page=43
- Elhadiri, N., Benchanaa, M., Idouhli, R., Tabit, K., & El maguana, Y. (23 de 03 de 2022). Low-cost and high-performance ceramic membrane from sugar industry waste: Characterization and optimization using experimental design. *Materialstoday Proceedings*, 53(Part 2), 310-317. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.208>
- Figueroa, A., & Núñez, L. (2019). *Diagnóstico operativo empresarial de la empresa Tapia Hnos SRL*. Para optar al Grado Académico en Magíster en Administración Estratégica de Empresas, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.12404/15089>
- Halloui, A., Herrou, B., Santos, R., Katina, P., & Egbue, O. (01 de 11 de 2022). Systems-based approach to contemporary business management: An enabler of business sustainability in a context of industry 4.0, circular economy, competitiveness and diverse stakeholders. (D. G. Kannan, Ed.) *Journal of Cleaner Production*, 373. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133819>

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. México: MCGraw-Hill Interamericana.

Jadhav, P., & Ekbote, N. (23 de 09 de 2021). Implementation of lean techniques in the packaging machine to optimize the cycle time of the machine. *Materialstoday Proceedings*, 46(Part 20), 10275-10281. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.162>

Kumar, A., & Mondal, P. (01 de 2022). Enhancing biohydrogen production from sugar industry wastewater using Ni, Ni-Co and Ni-Co-P electrodeposits as cathodes in microbial electrolysis cells. (E. R. Rene, Ed.) *Chemosphere*, 286(Part 3). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131728>

Kumar, S., Dhingra, A., & Singh, B. (2018). Lean-Kaizen implementation A roadmap for identifying continuous improvement opportunities in Indian small and medium sized enterprise. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(1), 143-160. <https://doi.org/10.1108/JEDT-08-2017-0083>

Lean Solutions. (2019). <https://leansolutions.co/>. <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

Lugo, L. (28 de 05 de 2022). *Formación SAP*. <https://www.formacionsap.com/sap-mrp-asociado-a-teoria-de-restricciones/>

Mesa, J., & Carreño, D. (30 de 04 de 2020). Metodología para aplicar Lean en la gestión de la cadena de suministro. *Espacios*, 41(15), 13. <https://doi.org/https://www.revistaespacios.com/a20v41n15/a20v41n15p30.pdf>

Message, L., Godinho, M., Fredendall, L., & Gómez, J. (21 de 10 de 2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*, 82, 122-133. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>

- Molina, G., Sandoval, E., & Tenorio, V. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de gestión del mantenimiento en planta industrial de Ingenio el Ángel*. Para optar al Grado de Maestro en Gerencia de Mantenimiento, Universidad Don Bosco, UDB, El Salvador. <http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/1721/1/65969.pdf>
- Nascimento, D., Moreira, R., Lordelo, S., Caiado, R., & Farias, J. (2019). Project automation application with lean philosophy at the construction of oil refining unit. *Journal of Operations & Production Management*, 13(1), 124-136. <https://doi.org/https://doi.org/10.14488/BJOPM.2016.v13.n1.a15>
- Nogales, N., & Espinoza, D. (2022). Metodología innovadora: Reingeniería de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM-R®) para un Ingenio Azucarero en Santa Cruz. *Gerente Industrial*, 10. <https://doi.org/http://repositorio.ucb.edu.bo/xmlui/handle/20.500.12771/533>
- Palange, A., & Dhattrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials today Proceedings*, 46(1), 729-736. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>
- Peñafiel, J., Arteaga, Á., & Daquinta, A. (12 de 2021). Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) caso de aplicación máquina empacadora de atún en latas. *Revista Científica INGENIAR*, 4(8), 43-57. <https://doi.org/https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0050>
- Pérez, A., Castiblanco, I., & Mateo, N. (06 de 2020). Diseño de una metodología para generar un plan de mantenimiento a través de la integración de RCM, WCM y Lean Manufacturing aplicable en procesos de trefilado de alambroón. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 82-90. <https://doi.org/https://doi.org/10.31908/19098367.1793>

- Pérez, E. (2019). *Modelo de mantenimiento basado en RCM, WCM y Lean Manufacturing para el proceso de trefilado de alambión*. Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Tantoyuca, Veracruz.
- Rajadel, M. (2016). *MRP: Planificación de necesidades de materiales*. Omnia Science.
- Sharma, S., & Gandhi, P. (2018). Applying Lean Principles to Road Transport for Improving. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 5(3), 434-439. <https://doi.org/https://doi.org/2348-4470>
- Socconini, L. (2019). *Lean Maintenance, más allá de la Manufactura*. Barcelona: Marge Books. Retrieved 28 de 05 de 2020, from https://elibro.net.upc.remotexs.xyz/es/ereader/upc/117565?prev=fs&fs_q=lean_manufacturing&fs_edition_year=2019;2018;2017&page=5
- Tăucean, I., Tămăsilă, M., Miclea, S., & Negrut, M. (09 de 04 de 2019). Integrating Sustainability and Lean: SLIM Method and Enterprise Game Proposed. *Sustainability*, 11(7), 28. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su11072103>
- Tibocha, R. (2020). *Alternativas de métodos de planificación en la cadena de abastecimiento: ¿MRP y/o DDMRP?* Bogotá, Colombia.
- Vimal, K., Churi, K., & Kandasamy, J. (05 de 2022). Analysing the drivers for adoption of Industry 4.0 technologies in a functional paper – cement – sugar circular sharing network. (E. Grigoroudis, Ed.) *Sustainable Production and Consumption*, 31, 459-477. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.03.006>
- Vural, G. (06 de 2021). Analyzing the impacts of economic growth, pollution, technological innovation and trade on renewable energy production in selected Latin American countries. *Renewable Energy*, 171, 210-216. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.072>

BIBLIOTECA DE POSGRADO - UNT

ANEXOS

Anexo 1. Instructivos capacitación.

Instructivo: Alineamiento de la cadena	
Para el equipo: Elevador de carga horizontal	Producto: Ascensor
Objetivo: Alineación de cadenas para evitar que sean trépidas o se desalinen y evitar fallas en el motor del elevador de carga.	
Antes de iniciar el mantenimiento al elevador de carga, se debe: - Verificar los espacios, alineación del elevador y las condiciones del lugar. - Seleccionar al personal de encargados de tanto el trabajo efectivo del equipo, conforme a las normas establecidas por el cliente.	
Responsable:	Jefe de Mantenimiento
Operador:	Técnicos Mecánicos
Asistencia:	Diez personas
Materiales y herramientas:	
1. Prensa vertical	7. Racker con diámetro 24mm
2. Desmontador de polea	8. Puntos neumáticos marca "C"
3. Llave de combinación 19mm y 24mm	9. Dado de soporte 18, 24mm
4. Cadena 2TN	10. Llave ajustable 12"
5. Cadena tamaño 3/4x2mm	11. Taché de 5 TN
6. Colores 12"	
Acciones	
1. Desmontar carcasa superior ubicada en el nivel B. Desapertando los (12) tornillos M12 con llave combinada 19mm.	
2. Desmontar compuerta inferior de doble articulación que se encuentran en el nivel superior. Desapertando los (8) tornillos M16 que sirven de seguro.	
3. Cerrar seguro de la compuerta inferior lateral con equipo aserrador.	
4. Seleccionar al personal de electricos el bloque objetivo del equipo, conforme a las normas establecidas por el cliente.	
5. Levantar el ascensor para desmontar la cadena con altura de cadena de 2TN.	
6. Tomar medida del indicador de longitud de la cadena que se encuentra en la parte inferior del elevador conectado a la rueda.	
7. Alinear cadena y engrasar zona de transmisión.	
8. Ajustar los tornillos M12x60 de la carcasa del sistema motor, utilizando una prensa neumática, asegurando de ser dado 19mm.	
9. Montar carcasa superior ubicada en el nivel B. Desapertando los tornillos M12 con llave combinada 19mm.	
10. Montar compuerta inferior de doble articulación que se encuentran en el nivel superior.	
11. Ajustando los (8) tornillos M16 que sirven de seguro.	
12. Montar motor, seleccionar el encargado del equipo y realizar las pruebas en vacío y con carga.	
	
Estado final	
Ejecutado por: Darlyn Rodríguez, Carlos González	
Inicio Fecha y hora: 28.10.21 / 11:00 hrs	Fin Fecha y hora: 28.10.21 / 14:00 hrs

Instructivo: Revisión del tablero de control	
Para el equipo: Elevador de carga horizontal	Producto: Ascensor
Objetivo: Revisión y ajuste del tablero de control para asegurar la correcta operación del sistema.	
Antes de iniciar el mantenimiento al elevador de carga, se debe: - Verificar los espacios, alineación del elevador y las condiciones del lugar. - Seleccionar al personal de encargados de tanto el trabajo efectivo del equipo, conforme a las normas establecidas por el cliente.	
Responsable:	Jefe de Mantenimiento
Operador:	Técnicos Mecánicos
Asistencia:	Diez personas
Materiales y herramientas:	
1. Multímetro	7. Multímetro
2. Puntos de contacto	8. Analizador de motores de velocidad
3. Cables interconectores	9. Aplicadores de variadores de velocidad
4. Medidores de voltaje	10. Osciloscopio portátil
5. Computador de mantenimiento	11. Analizador de cables eléctricos
6. Medidores de fuerza	12. Analizadores de baterías
Acciones	
1. Observar que el tablero obtenga un peso en datos válidos, presión buena o mala.	
2. Muestra con el equipo se debe comprobar que no exista interrupción y cables que estén dispuestos con cable del dibujo, es decir que no sea necesario.	
3. Retirar el polo marcado y actualizar entre el tablero, los cables y los interruptores con ayuda de una broca y repite.	
4. Revisar los bornes de conexión de los interruptores y dispositivos externos, presionar igual al sistema en cada componente que se está comprobando para detectar si está bien o no.	
5. Verificar que los cables conductores de tierra estén bien asegurados, correctamente conectados y que exista continuidad eléctrica entre los cables y la estructura del tablero.	
6. Si hay potencia para conexiones (conectores) para asegurar de manera adecuada y con el estado de los plomos (conectores) así como limpiar el núcleo de la bobina de accionamiento.	
7. Verificar que los conductores de tierra estén apretados y tenga continuidad eléctrica con la estructura del tablero.	
8. Limpiar el gabinete con algodón suave para quitar polvo o restos de grasa (alcohol). Algunas veces es normal que los cables de "batería" estén sucios.	
9. Limpiar los conductores de ventilación.	
10. En caso de variaciones forzadas, verificar que las capas estén limpias.	
11. La analítica correcta se puede explicar el tablero y sus componentes con el técnico, realizando de estar con sus los valores de eléctricos.	
12. Energizar el tablero y poner a funcionar la máquina en condiciones normales, seguir a los movimientos y medir la corriente que circula por aquellos circuitos que prescriben niveles de mantenimiento.	
	
Estado final	
Ejecutado por: Darlyn Rodríguez, Juan Domínguez, Jairo García, Carlos González, Roberto Pérez	
Inicio Fecha y hora: 09.05.23 / 07:00 hrs	Fin Fecha y hora: 09.05.23 / 13:00 hrs

Instructivo: Alineamiento de la cadena	
Para el equipo: Elevador de carga horizontal	Producto: Ascensor
Objetivo: Asegurar que los movimientos se efectúen seguros para el proceso continuo de producción.	
Antes de iniciar el mantenimiento al elevador de carga, se debe: - Verificar los espacios, alineación del elevador y las condiciones del lugar. - Seleccionar al personal de encargados de tanto el trabajo efectivo del equipo, conforme a las normas establecidas por el cliente.	
Responsable:	Jefe de Mantenimiento
Operador:	Técnicos Mecánicos
Asistencia:	Diez personas
Materiales y herramientas:	
1. Llave marca de 1.18"	7. Cuchillo de 8.5"
2. Llave francesa de 12"	8. Puntos neumáticos marca "C"
3. Llave de gancho de 12"	9. Juego industrial
4. Escalera de acero	10. Chumaca (según medida del rodamiento)
5. Taché de 2 TN	11. Rodamiento (según medida del eje)
6. Eslabón de 2 TN	12. Manguito (según medida del eje)
Acciones	
1. El operador realiza el tache y la eslabón de 2 TN en la parte superior de la chumaca instalando y dirigiendo del eje del eje.	
2. El operador haciendo uso de la llave marca realiza el desmontaje de los puntos de montaje de la tapa y base de la chumaca (ambos extremos).	
3. El operador deberá hacer uso del taché y separando con la eslabón en ambos extremos de la polea presionando a la parte superior de 2" sobre su base.	
4. Se desmonta la chumaca desde ambos extremos del eje del eje. El operador deberá llevar el punto de apoyo las chumacas resulte.	
5. Se tomar medida en los extremos de ubicación del eje del eje.	
6. Se toma la marca del eje del eje completando la llave de gancho en la parte superior de la marca, también podrá estar la medida de seguridad en ambos lados del eje del eje.	
7. Se desmonta el rodamiento y el manguito desmontados del eje lado izquierdo y derecho del eje.	
8. El operador realiza el montaje de los rodamientos nuevos y los puntos de sujeción en su base del lado izquierdo y derecho del eje de la eslabón.	
9. El operador realiza la tapa y puntos de sujeción de la chumaca en el eje del eje lado izquierdo y derecho.	
10. Se realiza el ajuste de los puntos de sujeción de la base y tapa de chumaca en ambos extremos del eje del eje.	
11. El operador realizará el montaje de la guarda de protección del eje del eje y chumaca y cerrar los puntos de sujeción.	
12. El Supervisor Mecánico, supervisor de seguridad y personal operativo deberá dejar el área de trabajo limpia y ordenada, realizando correctamente la clasificación de los residuos.	
	
Estado final	
Ejecutado por: Carlos González, Rafael Wario, Juan Domínguez, Darlyn Rodríguez	
Inicio Fecha y hora: 01.02.2014 / 07:00 hrs	Fin Fecha y hora: 01.02.2014 / 13:00 hrs

Anexo 2. Rutas de inspección por turno del personal mecánico.

HOJA DE RUTA / MECANICOS DE CENTRIFUGAS

FECHA: 28/10/23

RESPONSABLES:

CENTRIFUGA WESTER STATE 1A	CENTRIFUGA SILVER WEBULL 2A	CENTRIFUGA SILVER WEBULL 3A	CENTRIFUGA WESTER STATE 4A																																																																																				
<p>Compuerta de apertura y cierre de masa Levantador de campana Descargador (bloque y descarga) Tubera y boquillas de lavado y colorante Cedazo Rayos y canasto pasado PARA LIMPIEZA Ruidos extraños OBSERVACIONES DE FALLA</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p>NOMBRE DEL OPERADOR: <u>Darlyn (M)</u> <u>plb</u></p>	TURNO			M	T	N	1			1	1		1	1		1	1		1	1		<p>Compuerta de apertura y cierre de masa Levantador de campana Descargador (bloque y descarga) Tubera y boquillas de lavado y colorante Cedazo Rayos y canasto pasado PARA LIMPIEZA Ruidos extraños OBSERVACIONES DE FALLA</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p>NOMBRE DEL OPERADOR: <u>Darlyn (M)</u> <u>(T)</u></p>	TURNO			M	T	N	1			1	1		1	1		1	1		1	1		<p>Compuerta de apertura y cierre de masa Levantador de campana Descargador (bloque y descarga) Tubera y boquillas de lavado y colorante Cedazo Rayos y canasto pasado PARA LIMPIEZA Ruidos extraños OBSERVACIONES DE FALLA</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p>NOMBRE DEL OPERADOR: <u>Darlyn (M)</u> <u>(T)</u></p>	TURNO			M	T	N	1			1	1		1	1		1	1		1	1		<p>Compuerta de apertura y cierre de masa Levantador de campana Descargador (bloque y descarga) Tubera y boquillas de lavado y colorante Cedazo Rayos y canasto pasado PARA LIMPIEZA Ruidos extraños OBSERVACIONES DE FALLA <u>problema pasado para mal funcionamiento.</u></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p>NOMBRE DEL OPERADOR: <u>Darlyn (M)</u> <u>(T)</u></p>	TURNO			M	T	N	1			1	1		1	1		1	1		1	1	
TURNO																																																																																							
M	T	N																																																																																					
1																																																																																							
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
TURNO																																																																																							
M	T	N																																																																																					
1																																																																																							
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
TURNO																																																																																							
M	T	N																																																																																					
1																																																																																							
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
TURNO																																																																																							
M	T	N																																																																																					
1																																																																																							
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
<p>CENTRIFUGA BIMA LINEA A</p> <p>Compuerta de apertura y cierre de masa Levantador de campana Descargador (bloque y descarga) Tubera y boquillas de lavado y colorante Cedazo Rayos y canasto pasado PARA LIMPIEZA Ruidos extraños OBSERVACIONES DE FALLA</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p>NOMBRE DEL OPERADOR: <u>Darlyn (M)</u></p>	TURNO			M	T	N	1			1	1		1	1		1	1		1	1		<p>ELEVADOR DE CANALONES "A"</p> <p>Cangilones, perilla y placa de soporte Chumaceras bronce Accionamiento y alambrado Ruidos extraños T° Chumacera lado motor (°C) <u>34.5/38.6</u> T° Chumacera lado libre (°C) <u>38.3/37.9</u> OBSERVACIONES DE FALLA</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p>NOMBRE DEL OPERADOR: <u>Darlyn (M)</u> <u>(T)</u></p>	TURNO			M	T	N	1			1	1		1	1		1	1		1	1		<p>MIXER DE MASA "A"</p> <p>Aletas y perilla Bocas de bronce (ruedas) Sin fin y rueda dentada Sistema de Transmision LANCHON BIMA Sistema de Transmision Chumaceras, cadena y prensa estope OBSERVACIONES DE FALLA</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p>NOMBRE DEL OPERADOR: <u>Darlyn (M)</u> <u>(T)</u></p>	TURNO			M	T	N	1			1	1		1	1		1	1		1	1		<p>CONDUCTOR "A"</p> <p>Cadena de arrastre, pasadores Platinas y tapas Transmision Sistema de Transmision Ruidos extraños T° Chumacera lado motor (°C) T° Chumacera lado libre (°C) OBSERVACIONES DE FALLA <u>se recomienda cambiar cadena de arrastre</u> <u>* Se está haciendo cascadas</u></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th colspan="3">TURNO</th></tr> <tr><th>M</th><th>T</th><th>N</th></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p>NOMBRE DEL OPERADOR: <u>Darlyn (M)</u> <u>plb</u> <u>(T)</u></p>	TURNO			M	T	N	1			1	1		1	1		1	1		1	1	
TURNO																																																																																							
M	T	N																																																																																					
1																																																																																							
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
TURNO																																																																																							
M	T	N																																																																																					
1																																																																																							
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
TURNO																																																																																							
M	T	N																																																																																					
1																																																																																							
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
TURNO																																																																																							
M	T	N																																																																																					
1																																																																																							
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						
1	1																																																																																						

Leyenda: 1 - Óptimo estado de funcionamiento / 2 - ruido extraño / 3 - detección de falla

1° TURNO: [Firma]

2° TURNO: [Firma]

3° TURNO: [Firma]

MÉCANICO DE CENTRIFUGAS

HOJA DE RUTA / MECANICOS DE CENTRIFUGAS

FECHA: 28-10-23

CENTRIFUGA WESTER STATE 18

Compuerta de apertura y cierre de masa
 Levantador de campiana
 Descargador (bloque y descarga)
 Tubería y boquillas de lavado y colorante
 Celdas
 Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)
 Ruidos extraños

TURNO		
M	T	N
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES DE FALLA

NOMBRE DEL OPERADOR: Aguilar (A)

CENTRIFUGA SILVER WHEEL 20

Compuerta de apertura y cierre de masa
 Levantador de campiana
 Descargador (bloque y descarga)
 Tubería y boquillas de lavado y colorante
 Celdas
 Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)
 Ruidos extraños

TURNO		
M	T	N
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES DE FALLA

NOMBRE DEL OPERADOR: (A)

CENTRIFUGA BROADBENT 68

Compuerta de apertura y cierre de masa
 Levantador de campiana
 Descargador (bloque y descarga)
 Tubería y boquillas de lavado y colorante
 Celdas
 Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)
 Ruidos extraños

TURNO		
M	T	N
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES DE FALLA

NOMBRE DEL OPERADOR: (A)

CENTRIFUGA BROADBENT 70

Compuerta de apertura y cierre de masa
 Levantador de campiana
 Descargador (bloque y descarga)
 Tubería y boquillas de lavado y colorante
 Celdas
 Rayos y canasto (PARADO PARA LIMPIEZA)
 Ruidos extraños

TURNO		
M	T	N
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES DE FALLA

NOMBRE DEL OPERADOR: (A)

CONDUCTOR "A"

Cadena de arrastre, pasadores
 Platinas y tapas
 Transmisión
 Sistema de Transmisión
 Ruidos extraños
 T° Chumacera lado motor (°C)
 T° Chumacera lado libre (°C)

TURNO		
M	T	N
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES DE FALLA

- Se recomienda mejorar sistemas de caldeo de aceite, están muchas torcidas

NOMBRE DEL OPERADOR: Aguilar (A)

ELEVADOR DE CANGILONES "B"

Cangilones, perno y placa de soporte
 Chumaceras terminales
 Ajustamiento y alineamiento
 Ruidos extraños
 T° Chumacera lado motor (°C)
 T° Chumacera lado libre (°C)

TURNO		
M	T	N
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES DE FALLA

NOMBRE DEL OPERADOR: Aguilar (A)

MIXER DE MASA "B"

Alas y perno
 Rótulas de bronce (ruidos)
 Sin fin y funda dentada
 Sistema de Transmisión

TURNO		
M	T	N
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES DE FALLA

NOMBRE DEL OPERADOR: Aguilar (A)

CONDUCTOR "B"

Cadena de arrastre, pasadores
 Platinas y tapas
 Transmisión
 Sistema de Transmisión
 Ruidos extraños
 T° Chumacera lado motor (°C)
 T° Chumacera lado libre (°C)

TURNO		
M	T	N
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

OBSERVACIONES DE FALLA

NOMBRE DEL OPERADOR: Aguilar (A)

Leyenda: 1 - Óptimo estado de funcionamiento / 2 - ruido extraño / 3 - detección de falla

1º TURNO: *[Signature]*
 2º TURNO: *[Signature]*
 3º TURNO: *[Signature]*

[Signature]
 SUPERVISOR DE CENTRIFUGAS

[Signature]
 MECANICO DE CENTRIFUGAS

[Signature]
 JEFE DE PRODUCCION

Anexo 3. Ordenes de trabajo para intervención de los equipos (Elevador azúcar seca y húmeda).

FORMULARIO DE ORDEN DE MANTENIMIENTO

UNIDAD: []

PROCESO: []

ACTIVIDAD: []

FECHA: []

ENCARGADO: []

REALIZADO POR: []

REVISADO POR: []

OBJETO: []

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:

MP_MANTO DE ELEVADOR AZÚCAR SECA

NO. ORDEN	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	UNIDAD	PROCESO	ACTIVIDAD	FECHA	REALIZADO POR	REVISADO POR
1	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar seca	1	1	1	10/10/23	[]	[]
2	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar húmeda	1	1	1	10/10/23	[]	[]
3	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar seca	1	1	1	10/10/23	[]	[]
4	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar húmeda	1	1	1	10/10/23	[]	[]
5	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar seca	1	1	1	10/10/23	[]	[]
6	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar húmeda	1	1	1	10/10/23	[]	[]

MATERIALES UTILIZADOS:

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR

OTROS DATOS:

Observaciones:

Elaborado por: []

Revisado por: []

FORMULARIO DE ORDEN DE MANTENIMIENTO

UNIDAD: []

PROCESO: []

ACTIVIDAD: []

FECHA: []

ENCARGADO: []

REALIZADO POR: []

REVISADO POR: []

OBJETO: []

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:

MP_MANTO DE ELEVADOR AZÚCAR SECA

NO. ORDEN	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	UNIDAD	PROCESO	ACTIVIDAD	FECHA	REALIZADO POR	REVISADO POR
1	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar seca	1	1	1	10/10/23	[]	[]
2	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar húmeda	1	1	1	10/10/23	[]	[]
3	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar seca	1	1	1	10/10/23	[]	[]
4	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar húmeda	1	1	1	10/10/23	[]	[]
5	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar seca	1	1	1	10/10/23	[]	[]
6	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar húmeda	1	1	1	10/10/23	[]	[]

MATERIALES UTILIZADOS:

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR

OTROS DATOS:

Observaciones:

Elaborado por: []

Revisado por: []

FORMULARIO DE ORDEN DE MANTENIMIENTO

UNIDAD: []

PROCESO: []

ACTIVIDAD: []

FECHA: []

ENCARGADO: []

REALIZADO POR: []

REVISADO POR: []

OBJETO: []

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:

MP_MANTO DE ELEVADOR AZÚCAR HÚMEDA

NO. ORDEN	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	UNIDAD	PROCESO	ACTIVIDAD	FECHA	REALIZADO POR	REVISADO POR
1	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar húmeda	1	1	1	10/10/23	[]	[]
2	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar seca	1	1	1	10/10/23	[]	[]
3	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar húmeda	1	1	1	10/10/23	[]	[]
4	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar seca	1	1	1	10/10/23	[]	[]
5	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar húmeda	1	1	1	10/10/23	[]	[]
6	10/10/2023	Revisión de funcionamiento del elevador de azúcar seca	1	1	1	10/10/23	[]	[]

MATERIALES UTILIZADOS:

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR

OTROS DATOS:

Observaciones:

Elaborado por: []

Revisado por: []

Anexo 5. Centrifuga.



Anexo 6. Mantenimiento de la Centrifuga.



Anexo 7. Elevador de azúcar cangilones deteriorados.



Anexo 8. Elevador de azúcar limpio cambio de cangilones



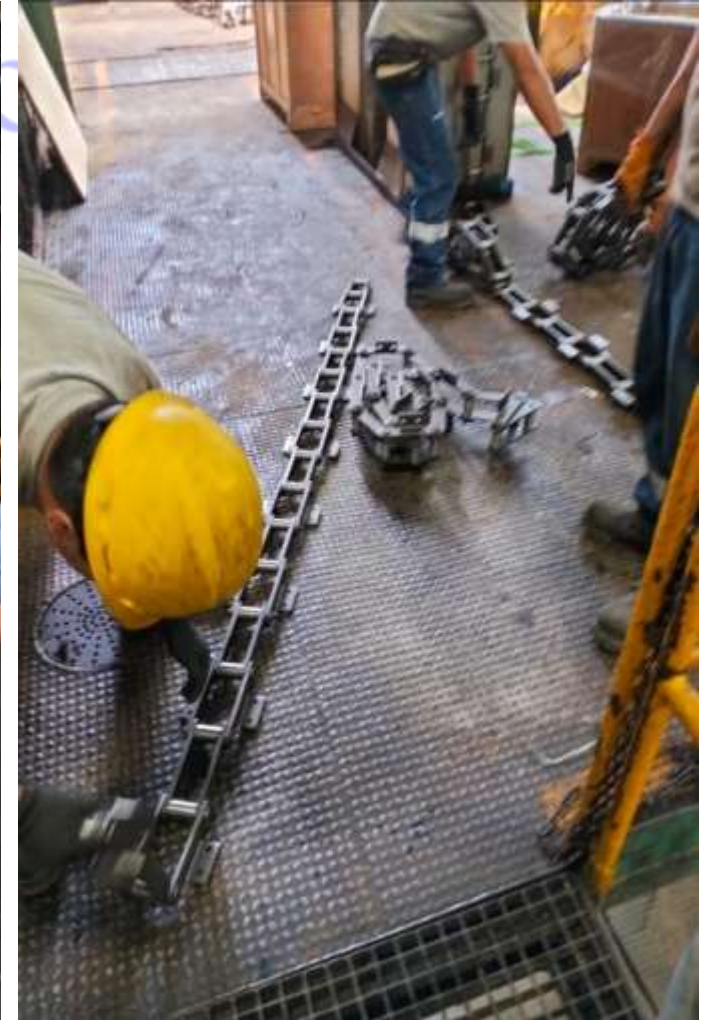
Anexo 9. Elevador de azúcar atorado.



Anexo 10. Elevador de azúcar revisión del tablero eléctrico.



Anexo 11. Elevador de azúcar cambio y alineamiento de cadena.



Anexo 12. Elevador de azúcar en mantenimiento.



Anexo 13. Requerimiento y producción 2022 – Post Aplicación LM

Mes	Requerimiento (RQ) caña para molienda	Reserva seguridad (0.6% del RQ)	Total RQ caña para molienda	RQ de azúcar
Enero	218991.00 TM	1313.95 TM	220304.95 TM	4688.57 TM
Febrero	195895.00 TM	1175.37 TM	197070.37 TM	3943.83 TM
Marzo	199928.00 TM	1199.57 TM	201127.57 TM	4644.61 TM
Abril	253607.00 TM	1521.64 TM	255128.64 TM	5167.40 TM
Mayo	256973.00 TM	1541.84 TM	258514.84 TM	5327.73 TM
Junio	256441.00 TM	1538.65 TM	257979.65 TM	4804.89 TM
Julio	246383.00 TM	1478.30 TM	247861.30 TM	4561.57 TM
Agosto	246662.00 TM	1479.97 TM	248141.97 TM	4973.52 TM
Setiembre	206136.00 TM	1236.82 TM	207372.82 TM	4284.28 TM
Octubre	169532.00 TM	1017.19 TM	170549.19 TM	3507.27 TM
Noviembre	266398.00 TM	1598.39 TM	267996.39 TM	5178.89 TM
Diciembre	259988.00 TM	1559.93 TM	261547.93 TM	5162.38 TM
Total	2776934.00 TM	16661.60 TM	2793595.60 TM	56244.95 TM

BIBLIOTECA DE POSGRADUADOS

Anexo 14. Consolidado de requerimiento de insumos químicos, materia prima y materiales con MRP 2022.

Tipo de Req	Descripción	Unidad de medida	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Insumos químicos	Antiespumante Prevol 1030 CIL X 200 KG (Kg).	TM	69.34	57.91	68.21	75.88	78.24	70.56	66.99	73.04	62.91	51.50	76.05	75.81
	Antiincrustante para jugo (Kg).	TM	2067.46	1739.06	2048.07	2278.60	2349.30	2118.75	2011.46	2193.11	1889.18	1546.56	2283.67	2276.39
	Azúcar impalpable bolsa X 25KG (Kg).	TM	442.73	372.41	438.58	487.95	503.09	453.72	430.74	469.64	404.56	331.18	489.03	487.47
	IQBF- CAL Hidratada (Kg).	Kg	209052.47	175846.27	207092.38	230402.44	237550.91	214238.73	203389.90	221757.67	191026.13	156381.07	230914.73	230178.61
	Casa grande alcohol etílico rectificado (L).	L	1126.97	947.96	1116.40	1242.06	1280.60	1154.92	1096.44	1195.46	1029.79	843.02	1244.82	1240.85
	Floculante Pro Tech PT 8100 (Kg).	Kg	3788.98	3187.13	3753.46	4175.94	4305.50	3882.98	3686.35	4019.26	3462.26	2834.34	4185.23	4171.88
	Soda caustica liquida 100% (Kg).	Kg	47483.29	39940.98	47038.08	52332.63	53956.31	48661.28	46197.12	50369.10	43388.86	35519.73	52448.99	52281.79
Materia prima	Total RQ caña para molienda	Kg	232677.62	195718.77	230496.02	256440.36	264396.69	238449.99	226375.12	246818.65	212614.11	174053.79	257010.55	256191.25
Envasado	Bolsa papel	Mil	93	78	92	103	106	96	91	99	85	70	103	103
	Bolsa PP	Mil	93	78	92	103	106	96	91	99	85	70	103	103
	Hilos	Kg	233	196	231	257	265	239	227	247	213	175	258	257

Anexo 15. Consolidado de consumo de insumos químicos, materia prima y materiales 2022.

Tipo de Consumo	Insumo/Material	Unidad de medida	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Insumos químicos	Antiespumante Prevol 1030 CIL X 200 KG (Kg).	TM	62.02	52.40	63.34	71.71	72.02	67.37	62.43	69.36	60.79	48.59	71.91	73.04
	Antiincrustante para jugo (Kg).	TM	1807.45	1535.52	1856.01	2101.63	2131.02	1994.58	1847.57	2051.95	1800.07	1438.23	2126.62	2159.30
	Azúcar impalpable bolsa X 25KG (Kg).	TM	390.27	331.74	400.97	454.02	470.92	440.27	408.12	453.62	397.19	317.58	470.51	478.16
	IQBF- CAL Hidratada (Kg).	Kg	187520.06	159588.03	192879.91	218381.45	220390.99	206112.40	191023.46	212274.32	185964.70	148661.10	220128.09	223650.17
	Casa grande alcohol etílico rectificado (L).	L	998.72	849.25	1026.46	1162.23	1172.03	1096.63	1016.02	1128.67	989.59	790.83	1170.01	1188.29
	Floculante Pro Tech PT 8100 (Kg).	Kg	3410.46	2903.13	3508.72	3972.56	4011.41	3750.96	3476.71	3863.88	3384.14	2705.56	4007.28	4071.86
	Soda caustica liquida 100% (Kg).	Kg	42388.33	36062.66	43586.42	49350.20	50318.53	47049.85	43610.74	48468.49	42448.19	33937.31	50268.47	51079.97
Materia prima	Total RQ caña para molienda	Kg	209642.54	178468.68	215696.18	244209.73	243017.36	227348.90	210658.89	234039.98	205147.11	163960.35	242640.02	246459.18
Envasado	Bolsa papel	Mil	82	69	84	96	98	92	85	94	82	66	98	100
	Bolsa PP	Mil	83	70	85	97	97	91	84	93	81	65	96	98
	Hilos	Kg	205	174	211	239	248	232	215	238	209	167	248	252

TESIS ANTHONY DE LA CRUZ ZEGARRA_T

por Anthony Rafael De La Cruz Zegarra

Fecha de entrega: 18-sep-2023 08:34p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2170153485

Nombre del archivo: TESIS_ANTHONY_DE_LA_CRUZ_ZEGARRA_T.doc (1.98M)

Total de palabras: 15612

Total de caracteres: 79868

BIBLIOT

TESIS ANTHONY DE LA CRUZ ZEGARRA_T

INFORME DE ORIGINALIDAD

12% INDICE DE SIMILITUD	12% FUENTES DE INTERNET	2% PUBLICACIONES	5% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	www.coursehero.com Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	veigler.com Fuente de Internet	1%
4	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	1%
8	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
9	1library.co Fuente de Internet	

		<1 %
10	Submitted to lasallemx Trabajo del estudiante	<1 %
11	CIMEC PERU E.I.R.L.. "DAA de la Planta Oquendo - Callao-IGA0012054", R.D. N° 012-2017-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020 Publicación	<1 %
12	cientificoloco2020.files.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
13	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
14	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	www.siamazonia.org.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.smv.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
17	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.seoxan.es Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %

20	imarpe.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
21	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
22	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
23	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
24	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	www.imarpe.pe Fuente de Internet	<1 %
28	www.theibfr.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 10 words



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Anthony Rafael De La Cruz Zegarra
Título del ejercicio: PROYECTO DE TESIS 2023
Título de la entrega: TESIS ANTHONY DE LA CRUZ ZEGARRA_T
Nombre del archivo: TESIS_ANTHONY_DE_LA_CRUZ_ZEGARRA_T.doc
Tamaño del archivo: 1.98M
Total páginas: 74
Total de palabras: 15,612
Total de caracteres: 79,868
Fecha de entrega: 18-sept.-2023 08:34p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2170153485





UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

DECLARACIÓN JURADA

Los autores suscritos en el presente documento DECLARAMOS BAJO JURAMENTO que somos los autores responsables legales de la calidad y originalidad del contenido del proyecto de investigación científica, así como, del informe de la investigación científica realizado.

TITULO: “Diseño y aplicación de un sistema MRP asociado al Lean Manufacturing para el cumplimiento de producción de una empresa azucarera”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA INFORME DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN () TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO) ()

PREGRADO

PROYECTO DE TESIS PREGRADO () TESIS PREGRADO ()

PROYECTO DE TESIS MAESTRIA () TESIS MAESTRÍA (X)

PROYECTO DE TESIS DOCTORADO () TESIS DOCTORADO ()

El equipo investigador integrado por:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	FACULTAD	CONDICIÓN (NOMBRADO, CONTRATADO, MERITO, estudiante, OTROS)	CÓDIGO docente Número de matrícula del estudiante	Autor coautor asesor
1	De La Cruz Zegarra, Anthony Rafael	Posgrado	Estudiante	800906921	Autor
2	Torres Bustamante, Walter Hugo	Posgrado	Nombrado	4526	Asesor

FIRMA

DNI: 47806499

FIRMA

DNI: 18006146



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN REPOSITORIO DIGITAL RENATI – SUNEDU

Trujillo, 31 de octubre de 2024

Los autores suscritos del INFORME DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA

Titulado: **“Diseño y aplicación de un sistema MRP asociado al Lean Manufacturing para el cumplimiento de producción de una empresa azucarera”**

AUTORIZAMOS SU PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INTITUCIONAL, REPOSITORIO RENATI – SUNEDU, ALICIA-CONCYTEC, CON EL SIGUIENTE TIPO DE ACCESO:

- A. Acceso abierto:
- B. Acceso restringido (datos del autor y resumen del trabajo)
- C. No autorizo su publicación

Si eligió la opción restringida o No autoriza su publicación sírvase justificar

ESTUDIANTE DE PREGRADO: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TESIS
ESTUDIANTE DE POSGRADO: TESIS MAESTRIA TESIS DOCTORAL
DOCENTE: INFORME DE INVESTIGACIÓN OTROS

El equipo investigador integrado por:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	FACULTAD	CONDICIÓN (NOMBRADO, CONTRATADO, MERITO, estudiante, OTROS)	CÓDIGO docente Número de matrícula del estudiante	Autor coautor asesor
1	De La Cruz Zegarra, Anthony Rafael	Posgrado	Estudiante	800906921	Autor
2	Torres Bustamante, Walter Hugo	Posgrado	Nombrado	4526	Asesor

.....
FIRMA

DNI: 47806499

.....
FIRMA

DNI: 18006146

Código ORCID (Autor): <https://orcid.org/0009-0002-7478-4816>

Código ORCID (Asesor): <https://orcid.org/0009-0006-7326-5714>

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

N°: 2170153485 F: 18-09-2023-UNT

1. Investigador: Ing. Anthony Rafael De La Cruz Zegarra
DNI: 47806499 Código: 800906921
2. Asesor: Ms. Walter Hugo Torres Bustamante
3. Tipo de Investigación: Aplicada - Explicativa
4. Título de Trabajo de Investigación: **"Diseño y aplicación de un sistema MRP asociado al Lean Manufacturing para el cumplimiento de producción de una empresa azucarera"**
5. Fecha de evaluación: 18 de setiembre de 2023
6. Software antiplagio: **TURNITIN**
7. Porcentaje de Informe de Similitud: 12%.

Porcentaje de similitud	Resultado de Evaluación
Hasta el 20%	APROBADO
Mayor a 20%	-



Ms. Walter Hugo Torres Bustamante
Asesor de Tesis
Escuela de Posgrado

* Consignar: **APROBADO** con letras mayúsculas

** Consignar de ser el caso: **Levantamiento de observaciones o Desaprobado**