

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE POSGRADO



**PROPUESTA DE REDISEÑO DE PROCESOS EN LABORATORIO PARA
REDUCIR COSTOS EN EL ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD DE UNA
FÁBRICA DE CEMENTO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE
OPERACIONES Y LOGÍSTICA**

AUTOR

CARLOS ANDRES RAMÍREZ ROJAS

ASESOR

ABEL ENRIQUE GONZALES WONG

<https://orcid.org/0000-0001-5575-2398>

Chiclayo, 2021

**PROPUESTA DE REDISEÑO DE PROCESOS EN
LABORATORIO PARA REDUCIR COSTOS EN EL ÁREA DE
CONTROL DE CALIDAD DE UNA FÁBRICA DE CEMENTO**

PRESENTADO POR:

CARLOS ANDRES RAMÍREZ ROJAS

A la Escuela de Posgrado de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el grado académico de
**MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN
GESTIÓN DE OPERACIONES Y LOGÍSTICA**

APROBADA POR

Marcos Gregorio Baca Lopez

PRESIDENTE

Edward Florencio Aurora Vigo

SECRETARIO

Abel Enrique Gonzales Wong

VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres, a pesar de las dificultades siempre nos ayudaron a luchar por nuestras metas, siendo los que me apoyaron con mi primera formación profesional, y que fue el punto de partida para los mis logros profesionales.

A Dios por darme la felicidad de tener a mis padres vivos.

AGRADECIMIENTOS

A la Gerencia Central de Operaciones, Gerencia de Operaciones y Superintendencia de Control de Calidad, por su apoyo y facilidades para la realización de esta tesis.

Al Ingeniero Abel Gonzales, mi asesor de tesis, por su apoyo y guía en cada una de las asesorías.

A todos los docentes y compañeros que de una u otra manera han contribuido en esta etapa de mi formación profesional.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	14
II. MARCO TEÓRICO	16
II. HIPÓTESIS	23
III. METODOLOGÍA	24
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	24
3.2. Diseño de investigación.....	24
3.3. Población, muestra y muestreo.....	24
3.4. Criterios de selección.....	24
3.5. Operacionalización de variables.....	25
3.6. Técnicas, instrumentos de recolección de datos.....	26
3.7. Procedimientos.....	26
3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos.....	26
3.9. Matriz de consistencia	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Diagnóstico de procesos en laboratorio de Control de Calidad	28
4.1.1. Causa 01: Plan estratégico de línea 4 sin ejecución	35
4.1.2. Causa 02: Ineficiente distribución de carga laboral.....	40
4.1.3. Deficiente atención de validaciones de despachos	41
4.2. Rediseño de Procesos en Laboratorio	44
4.2.1. Causa 01: Plan estratégico de línea 4 sin ejecución	44
4.2.2. Causa 02: Ineficiente distribución de carga laboral.....	77

4.2.3.	Causa 03: Deficiente atención de validaciones de despacho.....	91
4.3.	Análisis Costo Beneficio	97
4.3.1.	Causa 01: Plan estratégico de línea 4 sin ejecución	97
4.3.2.	Causa 02: Ineficiente distribución de carga laboral.....	97
4.3.3.	Causa 03: Deficiente atención de validaciones de despacho.....	100
4.3.4.	Evaluación de indicadores.....	103
V.	CONCLUSIONES	107
VI.	RECOMENDACIONES	108
VIII.	ANEXOS	111

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Lista de técnicas para mejora de los sistemas productivos.....	18
Tabla 2: Operacionalización de las variables.....	25
Tabla 3: Matriz de consistencia.....	27
Tabla 4: Valoración del diagrama de Ishikawa.....	34
Tabla 5: Consolidado de ensayos en laboratorios.....	38
Tabla 6: Valor en soles que la empresa se deja de percibir por demora de validaciones.....	44
Tabla 7: Diagrama de análisis de proceso para los materiales finos entregados en el área de Manuprep.....	46
Tabla 8: Diagrama de análisis de proceso para muestras finas en planta.....	48
Tabla 9: Diagrama de análisis de proceso para materiales gruesos en planta.....	50
Tabla 10: Diagrama de análisis de proceso para materiales grueso entregados en laboratorio.....	52
Tabla 11: Cálculo inicial vs producción real y programada.....	53
Tabla 12: Producción de pastillas para materiales finos entregados en laboratorio, según diagrama Hombre máquina.....	54
Tabla 13: Producción de pastillas para materiales finos en planta, según diagrama Hombre máquina.....	54
Tabla 14: Producción de pastillas para materiales finos en planta, según diagrama Hombre máquina.....	55
Tabla 15: Producción de pastillas para materiales gruesos entregados en laboratorio, según diagrama Hombre máquina.....	56
Tabla 16: Cálculo inicial de la producción de pastillas vs producción real y programada, según diagrama hombre máquina.....	57
Tabla 17: Resultados de movimientos del Operador de Manuprep en Layout actual.....	59
Tabla 18: Resultados de movimientos del Operador de Manuprep en Layout actual.....	61
Tabla 19: Nueva Producción de pastillas para materiales finos entregados en laboratorio, según nuevo diagrama Hombre máquina.....	64
Tabla 20: Nueva Producción de pastillas para materiales finos en planta, según nuevo diagrama Hombre máquina.....	65
Tabla 21: Nueva Producción de pastillas para materiales gruesos en planta, según nuevo diagrama Hombre máquina.....	65
Tabla 22: Nueva Producción de pastillas para materiales gruesos entregados en laboratorio, según nuevo diagrama Hombre máquina.....	66
Tabla 23: Cálculo final de la producción de pastillas vs producción real y programada, aplicando la mejora.....	67
Tabla 24: Identificación de entidades.....	68
Tabla 25: Distribución normal en cada proceso- modelo 1.....	69
Tabla 26: Repeticiones iniciales para análisis de sensibilidad.....	72
Tabla 27: Distribución normal en cada proceso- modelo 2.....	73
Tabla 28: Distribución normal en cada proceso- modelo 3.....	75
Tabla 29: Resumen de mediciones de los 3 modelos en Arena.....	76

Tabla 30: Resumen de mediciones de los 3 modelos en Arena.....	77
Tabla 31: Tiempos estándares para las actividades del laboratorio de Pruebas Físicas.....	79
Tabla 32: Números de Ensayos realizados en el laboratorio de Pruebas Físicas.....	80
Tabla 33: Tiempo requerido para los Ensayos Físicos.....	81
Tabla 34: Eficiencia actual del laboratorio de Pruebas Físicas.....	83
Tabla 35: Comparación de desviación estándar de ensayos de resistencia de productos de planta vs desviación estándar de interlaboratorio Internacional (CCRL).....	84
Tabla 36: Nuevo número de Ensayos requerido en laboratorio.....	85
Tabla 37: Nuevo tiempo requerido para Ensayos Físicos.....	85
Tabla 38: Nuevo cálculo de eficiencia y productividad del laboratorio de Pruebas Físicas.....	87
Tabla 39: Distribución actual de los Colaboradores en los Laboratorios.....	88
Tabla 40: Nueva distribución de los Colaboradores en los Laboratorios.....	90
Tabla 41: Reducción del tiempo de validación para despachos de cemento tipo I.....	96
Tabla 42: Costo de material aglomerante.....	97
Tabla 43: Costo de rediseño de ductos de succión y posición de equipos.....	97
Tabla 44: Costo actual de pago de colaboradores de Control de Calidad- Empleados y Obreros.....	98
Tabla 45: Costo propuesto de pago de colaboradores de Control de Calidad- Empleados y Obreros.....	99
propuesta se reduce a S/. 6 576	
Tabla 46: Costo actual de horas extras del laboratorio.....	100
Tabla 47: Costo de horas extras con la propuesta.....	100
Tabla 48: Costo actual por espera de validación de los despachos.....	101
Tabla 49: Costo por espera de validación de los despachos con la propuesta.....	101
Tabla 50: Costo de compra de equipo TGA.....	102
Tabla 51: Costo por nuevo ensayo.....	102
Tabla 52: Resumen de propuestas.....	103
Tabla 53: Ingresos del laboratorio con la propuesta.....	104
Tabla 54: Resumen de gastos de laboratorio más la propuesta.....	104
Tabla 55: Flujo de caja e indicadores económicos.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama DOP del proceso productivo de cemento	31
Figura 2: Diagrama de Ishikawa	33
Figura 3: Despacho anual de cemento.....	35
Figura 4: Producción anual de cemento	36
Figura 5: Producción anual de clinker.....	36
Figura 6: Producción de cemento en planta	37
Figura 7: Consolidado de ensayos en los laboratorios de control de calidad, desde el año 2017 al 2019	39
Figura 8: Costos totales del laboratorio de Control de Calidad 2017-2019	40
Figura 9: Costo de horas extra del área de Control de Calidad	41
Figura 10: Distribución de paradas en el turno A	42
Figura 11: Distribución de paradas en el turno B	42
Figura 12: Distribución de paradas en el turno C	43
Figura 13: % de utilización para materiales finos entregados en laboratorio, según diagrama hombre máquina	54
Figura 14: % de utilización para materiales finos en planta, según diagrama hombre máquina ...	55
Figura 15: % de utilización para materiales gruesos en planta, según diagrama hombre máquina	55
Figura 16: % de utilización para materiales gruesos entregados en laboratorio, según diagrama hombre máquina.....	56
Figura 17: Layout actual y diagrama de hilos del laboratorio de Manuprep.....	58
Figura 18: Layout propuesto y diagrama de hilos del laboratorio de Manuprep	60
Figura 19: Programación actual de preparación de pastillas prensadas	62
Figura 20: Nueva programación balanceada de preparación de pastillas prensadas.....	62
Figura 21: Nueva programación balanceada de preparación de pastillas prensadas, considerando parada hora punta	63
Figura 22: % nuevo porcentaje de utilización para materiales finos entregados en laboratorio, según nuevo diagrama hombre máquina.....	64
Figura 23: % nuevo porcentaje de utilización para materiales finos en planta, según nuevo diagrama hombre máquina.....	65
Figura 24: % nuevo porcentaje de utilización para materiales gruesos en planta, según nuevo diagrama hombre máquina.....	66
Figura 25: % nuevo porcentaje de utilización para materiales gruesos entregados en laboratorio, según nuevo diagrama hombre máquina	66
Figura 26: Modelamiento en Arena.....	70
Figura 27: Modelamiento en software Arena – Modelo 01	71
Figura 28: Modelamiento en software Arena – Modelo 02.....	74
Figura 29: Modelamiento en software Arena – Modelo 03.....	75
Figura 30: Costo de horas extras por laboratorio 2019.....	78
Figura 31: Tiempo disponible para ensayos vs tiempo requerido	82

Figura 32: Nuevo tiempo requerido vs tiempo disponible con 02 analistas.....	86
Figura 33: Correlación de LOI y CaCO ₃ de diferentes tipos de cemento.....	92
Figura 34: Mapa de flujo de valor para la validación de cemento no adicionado.....	93
Figura 35: Propuesta de cambio de control con DRX, ensayo de CaCO ₃ para cemento tipo I.....	95
Figura 36: Nuevo mapa de flujo de valor con la propuesta	96

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Cálculo de pérdidas Fórmula:.....	111
Anexo 2: Data de costos de pago de horas extras y personal contrata 2017-2019.....	112
Anexo 3: Diagrama hombre máquina para muestras finas entregadas en laboratorio	114
Anexo 4: Diagrama hombre máquina para muestras finas en planta	115
Anexo 5: Diagrama hombre máquina para muestra gruesas en planta.....	117
Anexo 6: Diagrama hombre máquina para muestras gruesas entregadas en laboratorio	119
Anexo 7: Nuevo diagrama hombre máquina para muestras finas entregadas en laboratorio	121
Anexo 8: Nuevo diagrama hombre máquina para muestras finas en planta	123
Anexo 9: Nuevo diagrama hombre máquina para muestras gruesas en planta	125
Anexo 10: Nuevo diagrama hombre máquina para muestras gruesas entregadas en laboratorio	127
Anexo 11: Programación actual de pastillas prensadas en laboratorio de Manuprep	129
Anexo 12 : Nueva programación balanceada de pastillas prensadas en laboratorio de Manuprep	130

RESUMEN

Hoy en día, la política de reducción de costos se aplica en todas las empresas, más aún, en las empresas cementeras que por su actual modelo de mercado tienen que minimizar costos en todas las etapas del proceso, basados siempre en los principios de mejora continua de sus sistemas de gestión, en este contexto, este proyecto aplica el pensamiento Lean y el modelamiento de procesos para realizar una propuesta de rediseño de procesos de un laboratorio de Control de Calidad de una fábrica de cemento para reducir los costos, determinando 3 causas raíces que incrementan los costos del laboratorio, para las cuales se realizan propuestas de mejora; como resultado de la causa 1 se logró reducir el tiempo de la preparación de pastillas prensadas en 26% en las etapas de pulverizado y prensado y 50% en las etapas de pesado, lo que incrementó la producción y eficiencia del laboratorio de rayos X en un 30,7% y 23,75%, respectivamente, para la validación y verificación de estos resultados se aplicó simulación de procesos utilizando el software Arena, logrando resultados muy similares; como resultado de la causa 2, se incrementó la eficiencia en el laboratorio de pruebas físicas en 17,5% y se logró reducir la horas extras de todo el laboratorio en 90,19% y el costo por personal de apoyo en 3.66%; como resultado de la causa 3 se logró reducir el tiempo de atención de las validaciones de despacho en un 71% lo que genera un ahorro importante para la empresa y para el laboratorio; se determinó los beneficios económicos de la propuesta a través de la evaluación de los indicadores económicos, obteniendo un VAN de S/ 367 984, un TIR de S/86% y un PAYBACK de 1,86 años, concluyendo que el rediseño de procesos en laboratorio es económicamente viable; finalmente se concluye que el costo del laboratorio se reduce en un 10,6%, cumpliendo el objetivo general propuesto.

Palabras clave: Lean, preparación de pastillas, eficiencia, reducción de costos

ABSTRACT

Today, the cost reduction policy is applied in all companies, even more so, in cement companies that, due to their current market model, have to minimize costs in all stages of the process, always based on the principles of continuous improvement. of its management systems, in this context, this project applies Lean thinking and process modeling to carry out a process redesign proposal of a Quality Control laboratory of a cement factory to reduce costs, determining 3 root causes that increase the costs of the laboratory, for which improvement proposals are made; As a result of cause 1, it was possible to reduce the time of the preparation of pressed tablets by 26% in the pulverizing and pressing stages and 50% in the weighing stages, which increased the production and efficiency of the X-ray laboratory in a 30.7% and 23.75%, respectively, for the validation and verification of these results, process simulation was applied using the Arena software, achieving very similar results; As a result of cause 2, the efficiency in the physical testing laboratory increased by 17.5% and it was possible to reduce overtime for the entire laboratory by 90.19% and the cost for support personnel by 3.66%; As a result of cause 3, it was possible to reduce the attention time of dispatch validations by 71%, which generates significant savings for the company and for the laboratory; The economic benefits of the proposal were determined through the evaluation of the economic indicators, obtaining a NPV of S / 367,984, an IRR of S / 86% and a PAYBACK of 1.86 years, concluding that the redesign of processes in laboratory is economically viable; Finally, it is concluded that the cost of the laboratory is reduced by 10.6%, fulfilling the general objective proposed.

Keywords: Lean, pill preparation, efficiency, cost reduction

I. INTRODUCCIÓN

En el entorno Internacional, el 2018 el crecimiento de la economía fue moderado, de 3.8 a 3.6% con respecto al 2017, principalmente por las tensiones comerciales entre USA y China, lo cual generó una incertidumbre global y desaceleración del crecimiento de Japón y China. [1]

En nuestro País, el 2018 hubo una recuperación económica con un crecimiento anual estimado de 4% con respecto al 2017, que solo fue del 2.5%, debido al impacto del fenómeno del niño y paralización de proyectos por los casos de corrupción, según el BCRP el promedio de crecimiento hasta el tercer trimestre 2019 es de 2.2% [2]

Según informe de la global Cement Global Cement Top 100 Report 2017 – 2018, los principales 10 países productores de cemento en el mundo según orden de capacidad de producción son: China, India, Estados Unidos de América, Rusia, Vietnam, Brasil, Turquía, Irán, Indonesia y Arabia Saudita. En el Perú las principales empresas Fábricas de cemento son: UNACEM S.A.A (fusión cementos Lima y Andino), Pacasmayo S.A.A, Yura S.A, Cementos Inka S.A. con una capacidad instalada de 17,540 mil TM, con una producción de 10,049 mil TM, lo cual da un ratio de utilización de 57% [3].

El despacho local de cemento en el 2019 totalizó 10,317 mil TM, 5.9% superior a las despachadas en el 2018 y el despacho total (despacho Nacional + exportaciones) es de 10, 516mil TM, 5,1% más que el 2018 [3].

La empresa donde se realiza la investigación tiene una capacidad de 4,9 millones de t/ año, consciente de los cambios actuales y del conocimiento de la necesidad de los consumidores, tiene una visión clara del futuro, planteando soluciones constructivas de fácil implementación, bajo costo, y sobre todo que sean amigables con el medio ambiente.

En este contexto, hay una importante oportunidad de implementación de proyectos de mejora y realización de estudios para optimizar y mejorar los procesos en toda la organización, en nuestro caso, evaluaremos los procesos del laboratorio para proponer estrategias de mejora.

El incremento de la demanda de productos debe ser satisfecha por la empresa, lo que conlleva al arranque de líneas paradas, en este caso, arranque de la línea 2, lo que trae consigo el aumento de actividades del laboratorio, en unas áreas más que otras, por ejemplo, se ha identificado que la preparación de muestras (Manuprep) que forma parte del laboratorios de rayos X, ha tenido

una variación de ensayos 2019-2017 de 55,96%, esto evidencia la carga laboral en este laboratorio e incremento de los costos totales en el periodo 2018-2019 en 17.1% lo que equivale a S/829 167.

Por otra parte, el laboratorio pagó el 2019 un total de S/.67 064 por horas extras, sin embargo, en este año se solicita apoyo de dos personas de contrata lo cual incrementó el costo (horas extras más personal de contrata) en 39,5% con respecto al 2018, lo que equivale a S/ 141 436.

Otro punto donde se ha identificado una oportunidad de mejora es la atención de las validaciones de los despachos de cemento, principalmente en la validación del cemento tipo I, donde actualmente se tiene demoras y paradas de las líneas de envasado en espera de los reportes de Calidad, por esta demora, la empresa deja de percibir ingreso de aproximadamente S/. 516 146 al mes, si bien es cierto, que este costo no es imputado directamente al laboratorio, de igual manera afecta a toda la empresa, sobre todo a la percepción de los clientes en la rapidez de la atención.

Todos los puntos mencionados nos llevan a la siguiente interrogante ¿de qué manera el rediseño de procesos en laboratorio impacta en los costos del área de Control de Calidad de una fábrica de cemento?

Para dar solución a esta interrogante se planteó un objetivo general: reducir costos en el área de Control de Calidad de una fábrica de cemento, así mismo se formularon los siguientes objetivos específicos: diagnóstico de los procesos en laboratorio de Control de Calidad, rediseño de procesos en laboratorio y determinar los beneficios económicos de la propuesta.

Se justifica el presente estudio por su aporte a la mejora de procesos del laboratorio, a través de mejoras de eficiencia, mejora en la distribución de actividades y reducción de costos, por otra parte, es una importante oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos en nuestra formación profesional.

II. MARCO TEÓRICO

Fernández J, et al, (2012) en su proyecto final de ingeniería Industrial “Aplicación de la metodología Lean Manufacturing en un laboratorio de análisis clínico” propone aplicar conceptos de la filosofía Lean en un laboratorio clínico, con el objetivo de gestionar los recursos y procesos para lo cual utilizó herramientas del pensamiento Lean como la identificación del valor desde el punto del cliente, detección de desperdicios y balanceo de la producción al ritmo de la demanda, logrando demostrar con su propuesta que uno de los indicadores determinantes en un laboratorio como es el tiempo de espera, se redujo en un 54% , pasando de 18.37 minutos a 8,53 minutos, estos cambios solo se lograría con un cambio pequeño en el layout, en los procesos y asignación de recursos, logrando reducir el 7% de los recursos que se emplean actualmente, concluyendo que la metodología lean se aplica en todo tipo de organización y es una herramienta eficaz para reducir costos. [4]

Guillermo L, (2018) en su trabajo de tesis “Propuesta de implementación del lean manufacturing para disminuir los costos operativos en la línea de proceso de arándano fresco en la empresa Camposol S.A.” propone la implementación de Lean manufacturing, con el objetivo de reducir costos operativos en las líneas de proceso de arándano de la empresa Camposol S.A., para lo aplicó herramientas y técnicas de Lean manufacturing de la combinación de operaciones, el Poka Yoke físico y el Poka Yoke de información, el plan de capacitación y el rediseño del layout de la planta procesadora de arándano, demostrando que la propuesta permitirá reducir los costos operativos de 49.34%, teniendo un beneficio /costo de USD 3.51, concluyendo que la implementación del Lean manufacturing en un proyecto viable para cualquier empresa. [5]

Marco A. (2016), en su trabajo de tesis “Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera ABRASIVOS S.A.” propone aplicar Lean manufacturing en una empresa manufacturera, aplicando herramientas kanban, logrando incrementar la productividad en 100% al duplicarse el flujo de producción en la fase inicial, concluyendo que la aplicación de la metodología Lean mejora la productividad en las organizaciones. [6]

Edwin V.(2017), en su trabajo de tesis “Mejoramiento de la productividad de una empresa de confección sartorial a través del aplicación de Ingeniería de métodos”, propone aplicar Ingeniería de métodos en un empresa de confección, aplicando herramientas como estandarización de los

procesos, diagramas de operaciones, de flujo y de recorrido, identificando 137 actividades y determinado la eficacia en 88% y la eficiencia en 80% las cuales son analizadas para determinar los tiempos estándar, logrando mejorar la producción en 21%. [7]

L.H.Morón-Castañeda et al (2015,) en su trabajo “Impacto de la metodología Lean en la mejora de procesos asistenciales y niveles de satisfacción en la atención de pacientes en un laboratorio clínico” propone optimizar el tiempo de atención de los pacientes ambulatorios en un laboratorio clínico, mediante la implementación de una metodología Lean basada en la organización de procesos operativos, para mejorar la satisfacción del usuario y reducir el número de quejas por demoras en la atención, logrando disminuir hasta 9 minutos el tiempo de atención de los pacientes, una disminución de quejas de 73% e incremento de atención de los paciente en un 38%.

Vela García, Friggens (2018), en su tesis “Propuesta de mejora en los procesos de producción para reducir los desperdicios en un laboratorio cosmético” propone mejorar los procesos de producción eliminando los desperdicios en un laboratorio cosmético, aplicando herramientas de ingeniería Industrial, logrando los siguientes resultados: 33% de mejora de los tiempos de actividades de trasvase, 37% de mejora en los tiempos en las actividades de limpieza, y 42% de mejora en los tiempos de arranque de envasado, bajo a 50% las horas extras no planificadas, 45 % las horas improductivas y se logró un 25% de los productos con estándares de tiempos de UPH lo que mejoraría la programación de la producción.

Según Luis Carlos Palacios, la ingeniería de métodos tiene como fin integrar a los colaboradores en los procesos de producción, definiendo con efectividad el lugar óptimo de cada colaborador para el mejor desempeño en las tareas asignadas.

La ingeniería de métodos abarca el estudio del proceso de fabricación o servicios, estudio de movimientos y cálculo de tiempos, por lo tanto debe considerar:

- El mejor lugar para lograr el mejor desempeño de cada colaborador
- El método a seguir y la mejor distribución en las estaciones de trabajo
- Las rutas más cortas para el traslado en planta
- Encendido y arranque de equipos
- Medir el trabajo, capacitar y delegar actividades
- Eliminar actividades que no agregan valor [8]

Según Juan Calos H. y Antonio Vizan (2013), Indican que Lean es un sistema aplicable a todas la empresas y se enfoca especialmente en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación de las técnicas de mejora. Lean supone un cambio cultural en la organización empresarial con un alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo [9].

La aplicación de técnicas del sistema Lean permitirán mejorar los sistema productivos de la empresas, a continuación mostramos una lista de técnicas para mejora de los sistemas productivos.

Tabla 1: *Lista de técnicas para mejora de los sistemas productivos*

Lista de técnicas para mejora de los sistemas productivos	
Las 5 S	Orientación al cliente
Control Total de Calidad	Control Estadístico de Procesos
Círculos de Control de Calidad	Benchmarking
Sistemas de sugerencias	Análisis de la ingeniería de valor
SMED	TOC (Teoría de las restricciones)
Disciplina en el lugar de trabajo	Coste Basado en Actividades
Mantenimiento Productivo Total	Seis Sigma
Kanban	Mejoramiento de la calidad
Nivelación y equilibrado	Sistema Matricial de Control Interno
Just in Time	Cuadro de Mando Integral
Cero Defectos	Presupuesto Base Cero
Actividades en grupos pequeños	Organización de Rápido Aprendizaje
Mejoramiento de la Productividad	Despliegue de la Función de Calidad
Autonomación (Jidoka)	AMFE
Técnicas de gestión de Calidad	Ciclo de Deming
Detección, Prevención y Eliminación de Desperdicios	Función de Pérdida Taguchi

Fuente: Juan H. Antonio V., 2013.

Es sistema Lean se fundamente en varios principios, las cuales se describen a continuación:

- Comprobar las cosas en el área de trabajo.
- Formar responsables que lideren el sistema y enseñen a otros.

- Interiorizar la cultura de “parar la línea”.
- Logra que la organización que aprenda reflexionando constantemente y mejorando continuamente.
- Personas involucradas con la filosofía de la empresa.
- Respetar a los colaboradores y proveedores, ayudarlos y proponerles retos.
- Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
- Promover equipos y personas multidisciplinarios.
- La toma de decisiones debe ser descentralizada.
- Integración de sistemas de información.
- Compromiso de la dirección con el pensamiento Lean.

A estos principios hay que añadir los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar:

- Conocer el proceso para crear un flujo continuo para visualizar problemas ocultos.
- Desarrolla sistemas “Pull” para evitar la sobreproducción.
- Equilibrar las líneas de producción nivelando la carga de trabajo.
- Implementar la mejora continua estandarizando las áreas.
- Detección de problemas a través del control visual.
- Aplicar técnicas JIT para eliminar inventarios.
- Disminuir los ciclos de diseño y fabricación.
- Apuntar siempre a la eliminación de defectos. [9]

Otra herramienta del Lean Manufacturing en el mapa del flujo de valor, según Fernández J, et al es una herramienta visual que frecuentemente es considerada el plano para las transformaciones lean. En esta herramienta se representa con símbolos sencillos dos flujos, por un lado, se encuentran los flujos de información que se dan desde que un cliente realiza un pedido hasta que se genera una orden de trabajo, y por otro los flujos materiales a lo largo de los procesos productivos, desde los proveedores hasta que los productos son entregados. Esta integración y visión global permite que la herramienta ayude a identificar oportunidades de mejora que impacten en la totalidad de la cadena de valor.

El estudio de este mapa permite visualizar complejidades en el proceso y desperdicios, como por ejemplo almacenajes intermedios entre las operaciones. A su vez, es útil para determinar

el tiempo insumido para la elaboración del producto o servicio (o lead time de producción) y qué proporción del mismo está compuesto por actividades que agregan valor. Esto dará una idea cuantitativa de la eficiencia del proceso y permitirá priorizar en qué áreas actuar. Se trata de la herramienta base del método lean, ya que permite establecer por qué, dónde, cuándo y para qué utilizar las otras herramientas [4].

Si hablamos de Lean, no podemos dejar de mencionar del esquema de trabajo más difundido y de aplicación universal, tanto en manufactura o servicios, es decir los 8 desperdicios, el cual es una guía de análisis exhaustivo de todos los aspectos necesarios para el logro de procesos esbeltos, cabe mencionar que la definición de desperdicio está referida a las actividades que no agregan valor desde el punto de vista del cliente.

Los ocho desperdicios son:

1. Sobreproducción: Producir en mayores cantidades o antes de que el cliente lo requiera.
2. Transporte: Movimientos de materiales o personas alrededor de la planta que no agreguen valor.
3. Espera: Cualquier tiempo ocioso generado en un proceso.
4. Sobre-procesamiento: Realizar pasos innecesarios o que generan características no valoradas por el cliente.
5. Stocks: Excesivo inventario de materias primas, semielaborados, etc.
6. Sub-utilización del capital humano: No aprovechar la plena capacidad de los trabajadores.
7. Defectos: Crear productos que no cumplen con los requerimientos del cliente.
8. Movimiento: Todo tipo de movimientos realizados en una tarea que no agreguen valor.

Estos ocho deben aplicarse de manera permanente en los estudios de los procesos, de tal manera que todos los procesos agreguen valor a los productos o servicios.

Los diagramas de hilos, son una herramienta simple, pero que permite visualizar el flujo actual de personas y productos en un determinado proceso. En su elaboración, los diferentes flujos son representados con líneas continuas sobre el plano de la planta analizada, permitiendo ilustrar claramente y con un alto impacto las ineficiencias y redundancias en el flujo a través de la planta. Su aplicación es complementaria al MIFA, ya que a las conclusiones obtenidas con este estudio pueden sumarse aquellas derivadas de la distribución física real de los recursos involucrados en los procesos. Evidentemente, permite identificar los desperdicios del transporte [4].

El takt time es una expresión de la demanda del cliente distribuida en el tiempo asignado para la producción. De esta manera, queda definida como una velocidad de producción que cumple la función de dimensionar fácilmente lo que un proceso debe ser capaz de producir de manera de estar alineado a la demanda. Estos conceptos hacen que el takt time pueda entenderse como el pulso de un proceso.

El takt time permite determinar las dotaciones de personal y la combinación y características de los equipos necesarios para lograr un esquema productivo óptimo. Otras ventajas es que permite determinar un estándar claro que ayuda a identificar fácilmente desvíos respecto del ideal y los problemas que los generan.

La idea detrás de este concepto es materializar el concepto del justo a tiempo y evitar el desperdicio de la sobreproducción. Es importante lograr que esta idea sea aplicada para dejar de ser un concepto abstracto. Las barreras para lograr esto son muchas, ya que genera una cierta intranquilidad en la empresa, dada la impresión de que la misma quedará expuesta si se produce algún imprevisto. Esta concepción debe ser erradicada, ya que oculta los problemas y supone una traba para la mejora continua y la persecución de la perfección. En el caso en que un imprevisto efectivamente ocurra, siempre se podrá utilizar el buffer time disponible para cerrar la brecha. Si el mismo no fuese suficiente, quizás sea necesaria la toma de alguna decisión operacional pero solucionar el inconveniente, pero la misma será de tipo excepcional, en el marco de un proceso transformador que busque alinear la empresa a la demanda y eliminar los desperdicios de sus procesos [4].

Para la medir la relación entre variables cualitativas o cuantitativas que permitan la relación de situaciones o cambios generados en el objeto de estudio, según las metas los objetivos o metas planteadas, para tal fin se harán uso de indicadores [10]

Según Vásquez Gervasi, define el indicador de productividad como la manera de cómo se emplea los recursos disponibles para el logro de objetivos propuestos, es decir fabricar más a menores costos. [11].

Existen 3 formas incrementar la productividad

- ✓ Incrementar la producción utilizando los mismos insumos
- ✓ Disminuir los insumos y manteniendo la misma producción
- ✓ Incrementar la producción y disminuir los insumos

Formula General de Productividad:

$$\text{Índice de Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

La Eficacia es el Grado de cumplimiento de las actividades previstas logran el objetivo planificado

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Producción útil}}{\text{Objetivos de la empresa}}$$

Indicadores:

- ✓ Grado de cumplimiento de los objetivos de producción y ventas
- ✓ Demora en los tiempos propuestos

La Eficiencia es la forma como se logran resultados teniendo en cuenta los recursos utilizados

Indicadores:

- ✓ Tiempos que no agregan valor.
- ✓ Desperdicio.
- ✓ Porcentaje de utilización

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción esperada}}$$

II. HIPÓTESIS

El rediseño de procesos en laboratorio reduce los costos en el área de Control de Calidad en una fábrica de cemento.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

En esta investigación no se manipularán las variables en estudio, pero se busca la aplicación práctica para la solución de los problemas actuales del laboratorio, por lo tanto, la investigación se considera no experimental aplicada

3.2. Diseño de investigación

En esta investigación se estudiará la relación que tendrá el rediseño de procesos (variable independiente) y su impacto en la reducción de costos en el área de Control de Calidad (variable dependiente), por lo tanto, el diseño aplicado es correlacional/Causal

3.3. Población, muestra y muestreo

La población para el estudio, son los más de 350 ensayos diarios que se realizan en los laboratorios de Control de Calidad.

Para determinar el tamaño de la muestra se considerará el método estadístico (Cálculos del número de observaciones), con un nivel de confianza del 95.45%, aplicando la siguiente fórmula:

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n'\sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

El muestreo se realizará en los tres turnos de trabajo, para garantizar la representatividad de la muestra

3.4. Criterios de selección

El estudio se realizará en las siguientes áreas de laboratorio:

Laboratorio de Rayos X, preparación de muestras (Manuprep)

Laboratorio de pruebas físicas

3.5. Operacionalización de variables

En la tabla N° 02 se muestra la operacionalización de las variables de todo el proyecto

Tabla 2: Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES											
TÍTULO: PROPUESTA DE REDISEÑO DE PROCESOS EN LABORATORIOS PARA REDUCIR COSTOS EN EL ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD DE UNA FÁBRICA DE CEMENTO											
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	MÉTODOS	TEMAS	INDICADOR	FÓRMULA			
¿De qué manera el rediseño de procesos en laboratorio impacta en la reducción de costos del área de Control de Calidad en una fábrica de cemento?	El rediseño de procesos en laboratorio reduce costos en el área de Control de Calidad en una fábrica de cemento	Reducir costos en el área de Control de Calidad de una fábrica de cemento	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico de los procesos en laboratorio de Control de Calidad 	INDEPENDIENTE: Rediseño de procesos en laboratorio	Lean Manufacturing	Detección, prevención y eliminación de desperdicios	Reducción de tiempos	(Tiempo inicial-tiempo final)/ tiempo inicial *100			
							Incrementar la eficiencia de ensayos	Producción real/ Producción esperada *100			
							Mejora de la producción	(Producción inicial- producción final)/ tiempo inicial *100			
							Reducir horas extras	(Horas extras actuales- horas extras propuestas) / horas extras actuales *100			
						<ul style="list-style-type: none"> • Rediseño de procesos en laboratorio 	DEPENDIENTE: Reducción de costos del área de Control de Calidad	Simulación de Procesos Industriales	Modelamiento de procesos en software Arena	VSM	(Tiempo de atención actual- tiempo de atención propuesto)/ tiempo de atención actual *100
										Incrementar la eficiencia de ensayos	Entidades finales/ entidades esperadas *100
										VAN	$VAN = \sum_{n=0}^t \frac{C_n}{(1+r)^n}$
										TIR	$0 = \sum_{n=0}^t \frac{C_n}{(1+r)^n}$
										PAYBACK	$PAYBACK = a + \frac{I_0 - b}{Ft}$
										Costo beneficio de la propuesta	Indicadores económicos

Fuente: Elaboración propia

3.6. Técnicas, instrumentos de recolección de datos

Documental. Se utilizará para recopilar la información de textos, libros, tesis, revistas informativas, internet, otros.

Data de la empresa. La información requerida de la empresa para la investigación, serán tomados del Sistema de Aseguramiento de la Calidad (Sample Manager), Sistema de Gestión y Control de la Producción, Información de RR HH y del área de costos.

3.7. Procedimientos

Se recopilará información relacionada a la investigación a través de textos, libros, revistas, tesis, internet, etc, luego se descargará información de los sistemas del área de control de calidad y de Recursos Humanos de la empresa, para lo cual se gestionó una carta de autorización para el uso de esta información, para el tratamiento final de la data y los resultados se procesará utilizando herramientas básicas del Excel, software SPSS y modelamiento en Arena.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de la información se llevará a cabo a través del programa Microsoft Excel, apoyado de técnicas de análisis estadístico como el programa SPSS y modelamiento de procesos con el software Arena.

3.9. Matriz de consistencia

En la tabla 3, se muestra la matriz de consistencia del proyecto

Tabla 3: *Matriz de consistencia*

Propuesta de rediseño de procesos en laboratorio para reducir costos en el área de Control de Calidad de una fábrica de cemento						
¿El rediseño de procesos en laboratorio impacta en los de costos del área de Control de Calidad de una fábrica de cemento?						
Área	Problema	Causas	Métodos	Técnicas/Herramientas	Logros	Indicadores
Operaciones	Incremento de costos en laboratorio de Control de calidad	DISEÑO	Lean Manufacturing/Simulación de Procesos Industriales	Medición de tiempos, movimientos, diagramas de proceso, diagramas de hilos	Reducir tiempos	(Tiempo inicial- tiempo final)/ tiempo inicial *100
		Plan estratégico de línea 4 sin ejecutar			Incrementar eficiencia de ensayos	Producción real/ Producción esperada *100
		PROCESO		Modelamiento de procesos en software Arena	Incrementar la producción de ensayos	(Producción inicial- producción final)/ tiempo inicial *100
		Deficiente atención de validaciones de despachos		VSM	Reducir tiempo de atención de validaciones	(Tiempo de atención actual- tiempo de atención propuesto)/ tiempo de atención actual *100
PERSONAL	Ineficiente distribución de carga laboral	Rediseño de la distribución de las actividades del laboratorio	Reducir horas extras	(Horas extras actuales- horas extras propuestas) / horas extras actuales *100		

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico de procesos en laboratorio de Control de Calidad

Para un mejor entendimiento definiremos los términos básicos a tratar en el desarrollo de la investigación, de igual manera, vamos a describir de una manera simple el proceso de obtención del cemento, esto nos ayudará a enfocarse en el contexto del problema y las opciones de mejora de acuerdo a los lineamientos propios de la investigación.

Cemento, El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua.

Los cementos están compuestos de diferentes materiales (componentes) que adecuadamente dosificadas mediante un proceso de producción controlado, le dan al cemento las cualidades físicas, químicas y resistencias adecuadas al uso deseado [12]

Clinker, El clinker Portland es el producto constituido en su mayor parte por silicatos de calcio, obtenido por la cocción hasta fusión parcial (clinkerización) de una mezcla convenientemente proporcionada y homogeneizada de materiales debidamente seleccionados. [13]

Adiciones: Materiales minerales que se incorporan al cemento, generalmente en molienda conjunta como ciertas rocas naturales o no (puzolanas, escoria granulada de alto horno, caliza, humo de sílice) que actúan, o bien aumentando las propiedades hidráulicas del cemento o mejorando otras cualidades debido a una adecuada granulometría (aumento de la trabajabilidad y retención de agua, disminución de la porosidad y capilaridad, reducción de la fisuración, etc.). [13]

Proceso productivo

Extracción de la Caliza. Esta es la primera operación que se efectúa en la cantera, mediante la perforación de taladros para caracterizar el material de los bancos de trabajo, luego se realiza la voladura con el uso de explosivos.

Después de la voladura, el material es sometido a una reducción de tamaño, para esto se utilizan chancadoras primarias (reducción de 1.5 m a 25 cm) secundarias (reducción de 25 cm a menos de 45mm) y zarandas (clasificación según granulometría requerida),

Transporte a planta. Después de realizada la voladura, se realiza la operación de carguío y acarreo utilizando cargadores frontales y camiones con tolvas acondicionada para este fin.

Almacenamiento de materiales. La caliza se recepciona en planta y es clasificada según sus características químicas y granulometría, se deposita en capas sucesivas para disminuir la variabilidad, luego se descarga por vibración a las fajas de transporte que van hacia el molino de crudo, El resto de materiales, de igual manera, se almacenan en grandes canchas de almacenamiento, según los requerimientos de calidad exigidos y transportados por fajas hacia la molienda de crudo

Molienda de crudo y homogeneización. Previa diseño de crudo, el material es dosificado y enviado al molino de crudo, donde el conjunto de materias primas es molino finamente., el cual es enviado por canaletas al silo de homogenización, luego de que el material cumpla el ciclo de homogeneizado es descargado a los silos de almacenamiento de crudo.

Clinkerización. El crudo almacenado es enviado a las torres de intercambiadores de calor (ciclones), la cuales se ubican uno debajo del otro, el material se calienta en contracorriente con los gases calientes que generados por del quemador del horno, iniciando de esta manera la descarbonatación y transformación termo químico del crudo

El crudo descarbonatado ingresa a los hornos y por efecto del calor generado por la combustión del carbón o petróleo en un quemador situado en el extremo de salida, sufre transformaciones físicas y químicas, llegando a obtenerse el producto llamado clínker a temperaturas del orden de los 1400 a 1450° C. Los hornos son tubos de acero y están revestidos interiormente por ladrillos refractarios para proteger el tubo y disminuir la pérdida de calor.

El clínker descargado por el horno pasa a la tercera parte del circuito de clinkerización, que se da en los enfriadores. Estos constan de varias superficies escalonadas compuestas por placas fijas y móviles alternadas, con unos pequeños orificios por donde pasa el aire que es insuflado por la parte inferior, por la acción de ventiladores con el objeto de enfriar el clínker de aproximadamente 1,200°C hasta alrededor de 180°C. En la parte final de estas unidades se encuentran instaladas trituradoras de rodillos, accionadas por motores hidráulicos, para reducir el tamaño del clínker a un máximo de 5 centímetros.

Molienda de Cemento. El clínker que sale de los enfriadores es transportado a un silo de almacenamiento, luego es alimentado a los Molinos de cemento, junto con yeso y otras adiciones minerales, de acuerdo al requerimiento del tipo de cemento a producir

Envase y Despacho del Cemento. El cemento extraído de los silos es despachado tanto en bolsas de papel como a granel. Las bolsas son transportadas a las plataformas de los camiones por un sistema de fajas, en el despacho a granel se utiliza camiones especiales.

En todas las etapas del proceso productivo la presencia del área de Control de Calidad es indispensable para cumplir los requerimientos de calidad exigidos en todos los productos que ofrece la empresa.

A continuación se muestra el diagrama DOP del proceso productivo del cemento.

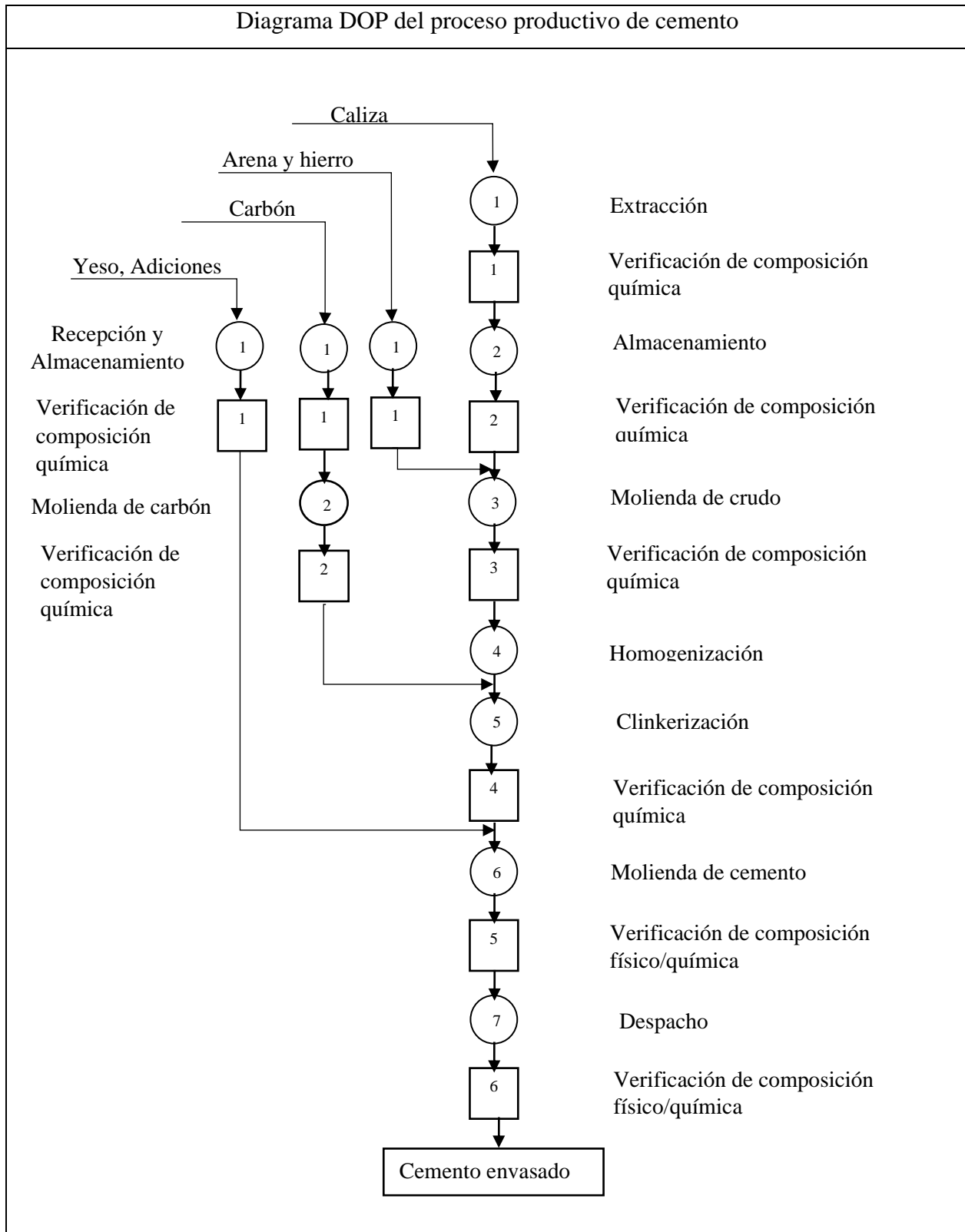


Figura 1: Diagrama DOP del proceso productivo de cemento

Fuente: Elaboración propia

El diagrama del proceso productivo muestra la necesidad de controles de calidad en todos los procesos de planta a fin de asegurar la calidad del producto final, visto de otra manera, el diagrama DOP muestra las verificaciones de la composición físico/química en todas las etapas del proceso.

La necesidad de planta es el tener el soporte adecuado y oportuno para el control óptimo del proceso, por lo tanto, la labor del área de Control de Calidad es entregar resultados confiables y en el tiempo más corto, ésta premisa nos lleva una constante optimización de los procesos dentro de los laboratorios para asegurar la entrega a tiempo de resultados y con el menor costo.

Como primer punto de esta investigación se va a realizar el diagnóstico actual de los procesos en el laboratorio, para lo cual aplicamos la herramienta del diagrama de Ishikawa que nos ayuda a resumir la problemática actual del laboratorio.

Identificadas las causas raíces, se determina el impacto de las mismas a través de un cuadro de valoración aplicando 6 criterios de calificación.

Criterios

¿Es un factor que lleva al problema?	A
Esto ¿ocasiona directamente el problema?	B
Si esto es eliminado ¿se corrige el problema?	C
¿Se puede plantear una solución factible?	D
¿Se puede medir si la solución funcionó?	E
¿La solución es de bajo costo?	F

La calificación de la respuestas es: SI= 3 y NO =1

En la figura 3 se muestra el diagrama de Ishikawa donde se detalla el problema del laboratorio y las causas raíces.

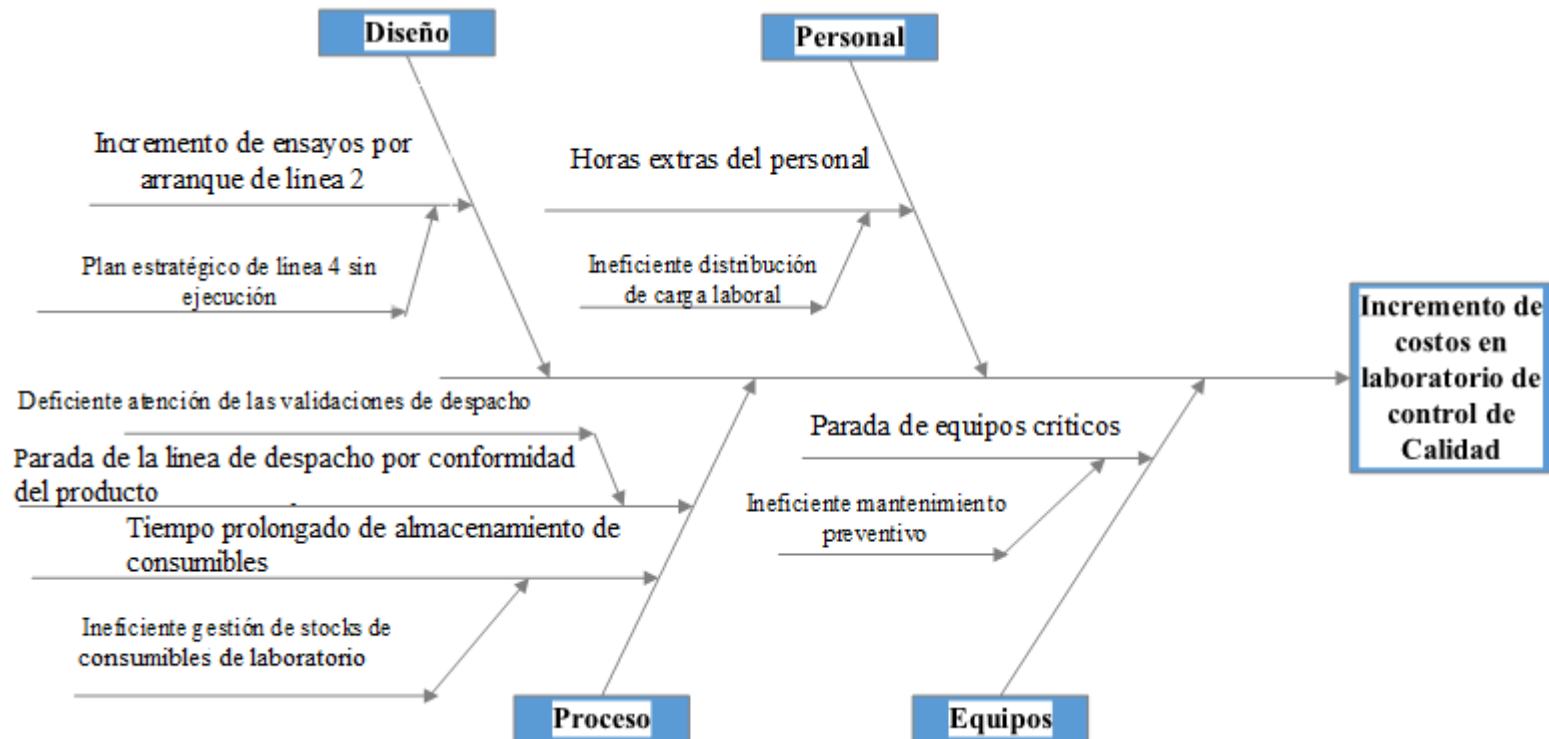


Figura 2: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se valora las causas raíces del incremento de costos del laboratorio

Tabla 4: Valoración del diagrama de Ishikawa

Causas Principales	Sub Causas	Soluciones	Criterios						Totales
DISEÑO	Sub Causa	Solución	A	B	C	D	E	F	Total
Incremento de ensayos por arranque de línea 2	Plan estratégico de línea 4 sin ejecutar	Ejecutar propuestas de mejora en el laboratorio de mayor carga laboral	3	1	1	3	3	3	14
PERSONAL	Sub Causa	Solución	A	B	C	D	E	F	Total
Horas extras del personal	Ineficiente distribución de la carga laboral	Redistribución de actividades y de personal en los laboratorios, previa capacitación interna	3	1	1	3	3	3	14
PROCESO	Sub Causa	Solución	A	B	C	D	E	F	Total
Parada de la línea de despacho por conformidad del producto	Deficiente atención en las validaciones de despacho	Reducir tiempos de atención de los lavados de cemento	3	1	1	3	3	3	14
Tiempo prolongado de almacenamiento de consumibles	Ineficiente gestión de stocks de consumibles de laboratorio	Dar de baja los productos obsoletos y de baja rotación	1	1	1	1	3	1	8
EQUIPOS	Sub Causa	Solución	A	B	C	D	E	F	Total
Parada de equipos críticos	Ineficiente mantenimiento preventivo	Incrementar frecuencia de mantenimiento preventivo	1	1	1	3	1	1	8

Según los resultados de valoración de las causas raíces del diagrama de Ishikawa, se determinan 3 causas de mayor impacto y que se tomarán en cuenta para el desarrollo de esta investigación:

1. Plan estratégico de línea 4 sin ejecutar
2. Ineficiente distribución de la carga laboral
3. Deficiente atención en las validaciones de despacho

A continuación el desarrollo de estas causas raíces

4.1.1. Causa 01: Plan estratégico de línea 4 sin ejecución

El mercado Nacional del cemento está dividido en 3 grupos de empresas, la cuales son líderes en las regiones, Norte, Centro y Sur. El grupo Pacasmayo lidera la región Norte con una participación del 21.8% del mercado, el grupo UNACEM lidera la región central, con una participación del 55.8% y el grupo Yura lidera la región sur, con una participación del 22.4% del mercado.

La variación 2019-2018 en el despacho total anual de cemento se ha incrementado 5,1%, por lo tanto, la producción anual se incrementa en 5,2 %, de igual manera, la producción de clinker sube en 7,1% con respecto al 2018. [3]

En las figuras siguientes, se muestra el despacho anual de cemento y la producción Nacional de cemento y Clinker.

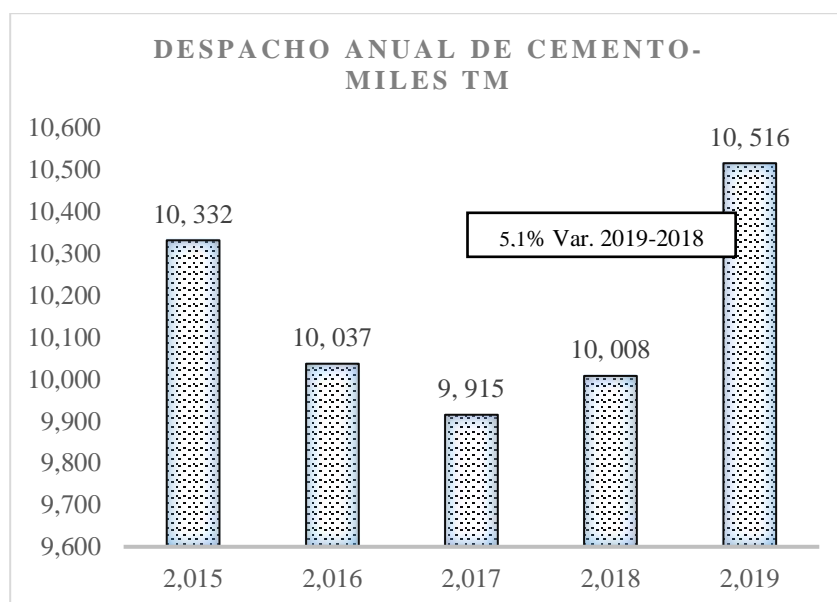


Figura 3: Despacho anual de cemento

Fuente: Data reporte estadístico ASOCEM

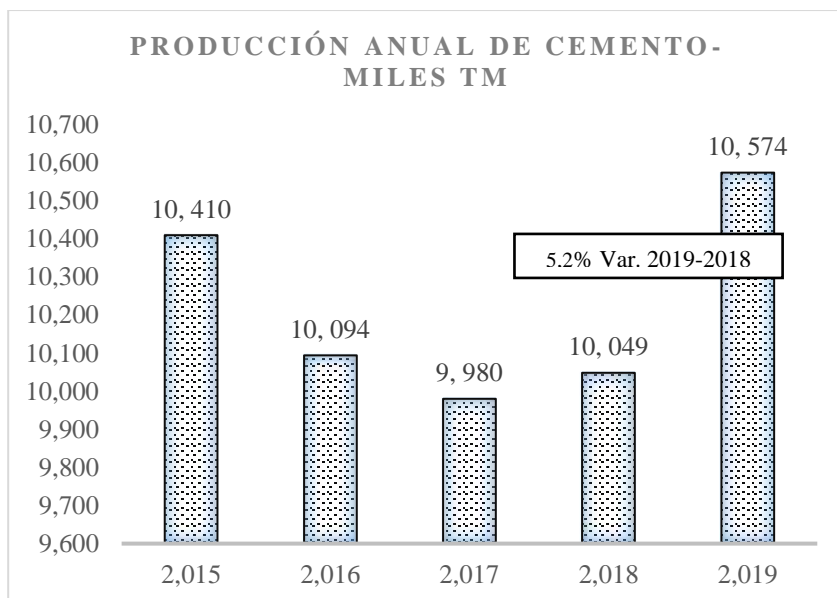


Figura 4: Producción anual de cemento

Fuente: Data reporte estadístico ASOCEM

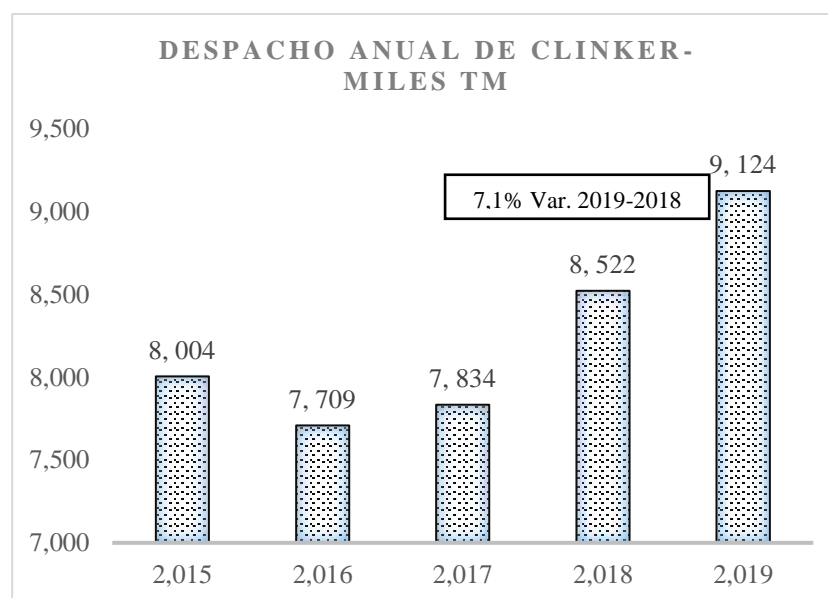


Figura 5: Producción anual de clinker

Fuente: Data reporte estadístico ASOCEM

Según el plan estratégico de la empresa, estaba considerado la construcción de la línea de producción N° 4, sin embargo, hasta la fecha no se ha ejecutado, en este contexto, la empresa donde se realiza el estudio tiene que acondicionar la producción para poder cumplir con el incremento de la demanda, por tal motivo, desde abril del 2018 la línea 2 arrancó de forma continua,

básicamente para cubrir demanda de productos no adicionados, teniendo un incremento en la producción de cemento de 19,3%, con respecto al 2018. En la figura siguiente se muestra la producción de cemento de la planta en miles de toneladas.

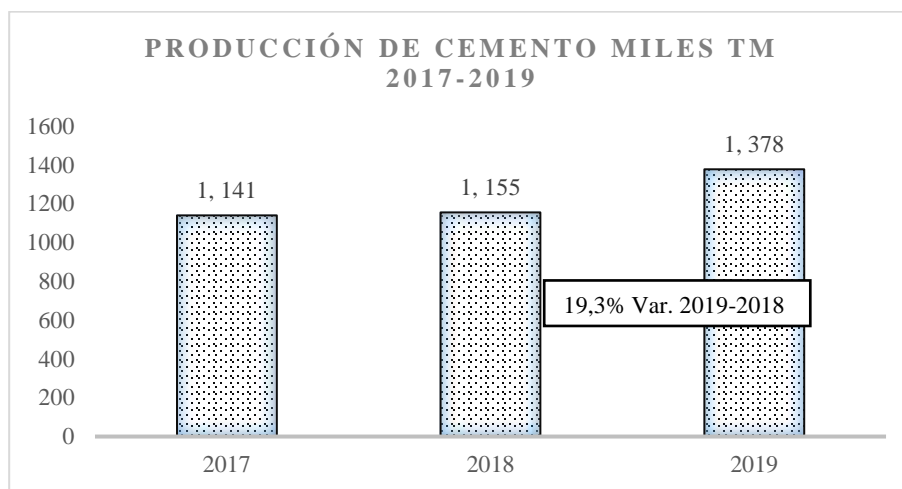


Figura 6: Producción de cemento en planta
Fuente: Data Informes anuales de la empresa

El arranque continuo de la línea 2 incrementa el número de ensayos, mayor requerimiento de validación de materias primas por CDS (cadena de suministros) y nuevas rutinas de ensayos. En la tabla siguiente se muestra el consolidado de ensayos desde el 2017 hasta el 2019 en los laboratorios de Control de Calidad, observándose lo siguiente: en el periodos 2017-2019 se ha incrementado los ensayos en dos laboratorios, el laboratorio físico con 3,69% y en el laboratorio de rayos X en un 55,96%, contrario a ello, en el laboratorio químico los ensayos se redujeron en 8,36%, este laboratorio cuenta con solo un colaborador y se cambiaron algunas actividades de ensayo por otras de control administrativo de los laboratorios, por lo tanto, no será considerado en las propuestas de mejora.

El incremento de ensayos para el control del proceso trae consigo mayor control de muestras especiales de CDS y muestreos en pilas y validaciones adicionales en los despachos del producto final, los cuales se incrementaron en 42, 58% y 100,73% respectivamente.

Tabla 5: Consolidado de ensayos en laboratorios

Descripción	Año			Variación 2018- 2017	Variación 2019- 2018	Variación 2019- 2017
	2017	2018	2019			
Lab Físico	93613	93114	97065	-1%	4%	3,69%
Lab Químico	17074	19097	15647	12%	-18%	-8,36%
Lab Rayos X	49927	62711	77868	26%	24%	55,96%
Ensayos especiales- Carbón CDS	761	1311	1085	72%	-17%	42,58%
Muestreo en pilas, validación de despachos	2194	2942	4404	34%	50%	100,73%

Fuente: Data Distribuibles, reporte de muestras especiales, grupo de muestras pruebas QCX

Si bien es cierto que las tablas indican resultados, la mejor manera de demostrar estos cambios es través de los gráficos, por las cuales se observa con una mejor claridad los resultados. Según lo que se muestra en la figura 7, el laboratorio más afectado en todo el cambio del proceso es el de rayos X; este laboratorio se divide en 2: preparación de muestras y análisis en los equipos de FRX (Fluorescencia de rayos X), de los cuales la mayor carga de trabajo lo lleva el área de preparación de muestras

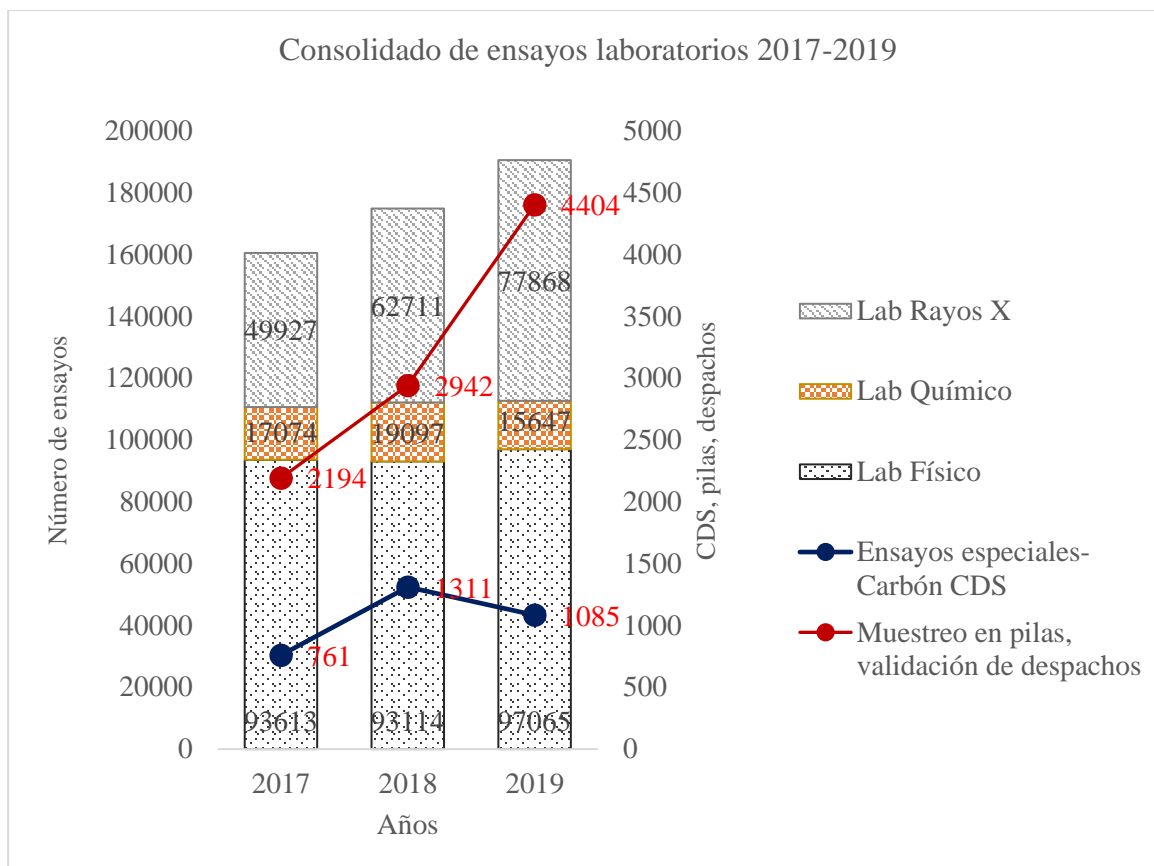


Figura 7: Consolidado de ensayos en los laboratorios de control de calidad, desde el año 2017 al 2019
Fuente. Data Distribuibles, reporte de muestras especiales, grupo de muestras pruebas QCX

El incremento de actividades en el laboratorio, producto del arranque continuo de la línea 2 incrementa los costos del área de control de Calidad

En el gráfico siguiente se muestra los costos del área de Control de Calidad, teniendo una variación 2018-2019 de 17,1%, por lo tanto, es una importante oportunidad para plantear acciones de mejora en los procesos de laboratorio a fin de reducir los costos.

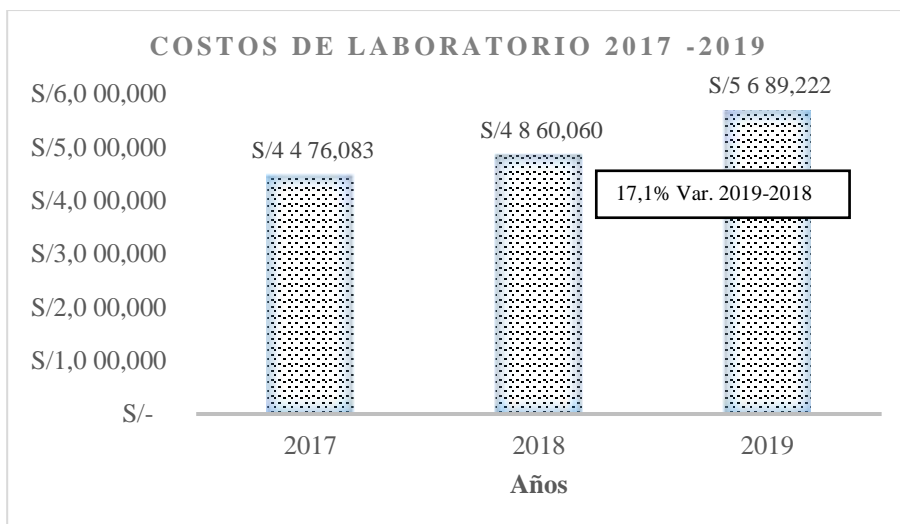


Figura 8: Costos totales del laboratorio de Control de Calidad 2017-2019
Fuente: Elaboración propia, Data de reporte de costos

4.1.2. Causa 02: Ineficiente distribución de carga laboral

El incremento de las actividades en los laboratorios demanda tomar acciones para poder cumplir con los requerimientos de control de calidad de todos los procesos, por lo cual, el área tiene que distribuir las actividades adicionales en forma de horas extras, como los ocurrido en el año 2017 y 2018, sin embargo, esto no es sostenible en el tiempo, razón por la cual, en el año 2019 se contrató personal de apoyo para cubrir actividades del área, logrando reducir la horas extras en 44,33%, pero el costo se incrementó en 39,5% por el pago del personal de contrata, siendo este otro punto importante para plantear estrategias para reducir costos en el laboratorio.. En la figura 9 se muestra los costos de horas extras y el personal de contrata.

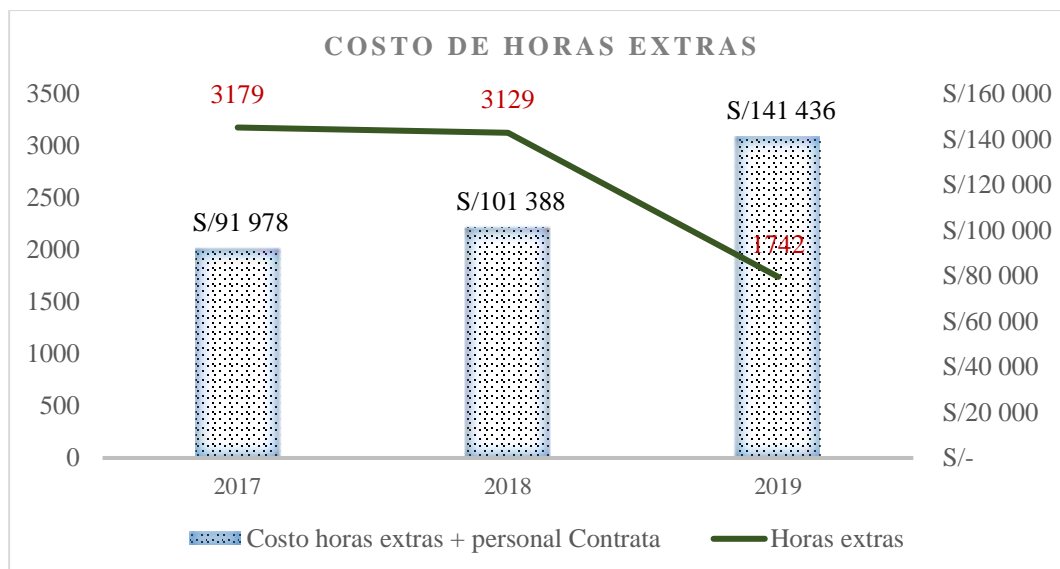


Figura 9: Costo de horas extra del área de Control de Calidad
Fuente: Data consolidado de horas extras de RRHH

4.1.3. Deficiente atención de validaciones de despachos

La empresa tiene que asegurar el despacho de productos con un 100% de cumplimiento de los requisitos de calidad exigidos por la normativa Peruana, sin embargo, el cumplimiento de las normativas y los tiempos de ensayo de validación genera demoras en los despachos, especialmente en los despachos de cemento no adicionados.

En las figuras siguientes, se muestra el porcentaje de demoras en las líneas de envasado en cada uno de los turnos (24 horas trabajo, turnos de 8 horas)

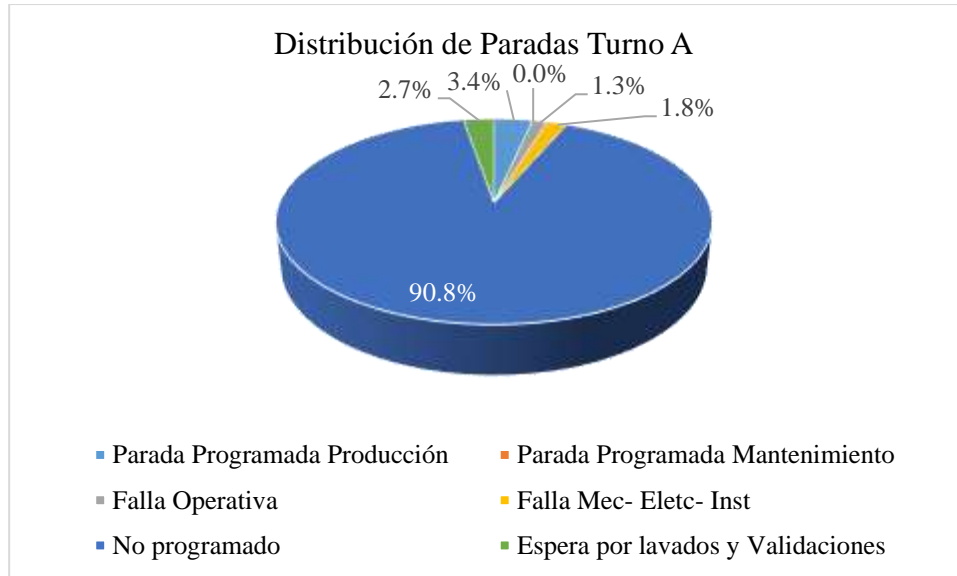


Figura 10: Distribución de paradas en el turno A
Fuente: Data área de embolsado

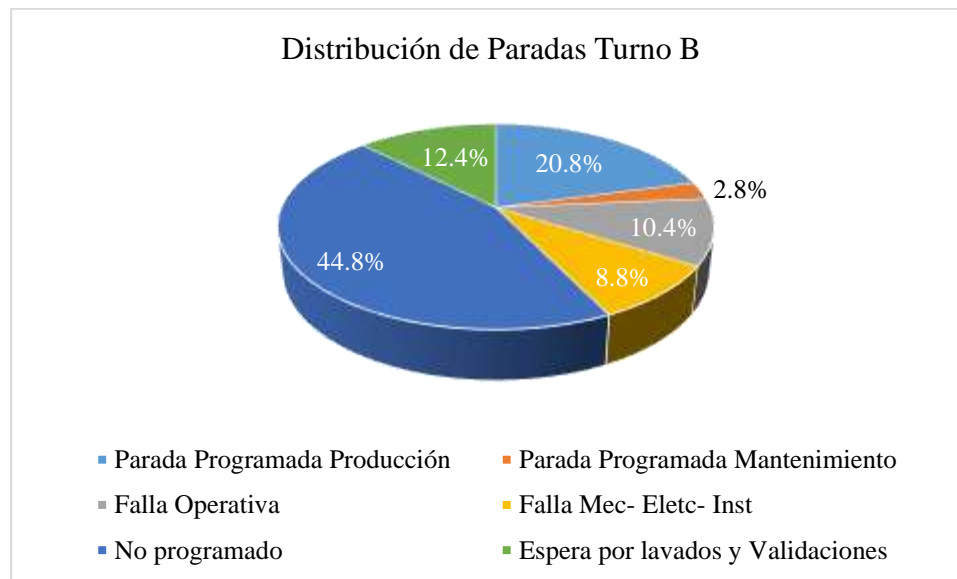


Figura 11: Distribución de paradas en el turno B
Fuente: Data área de embolsado

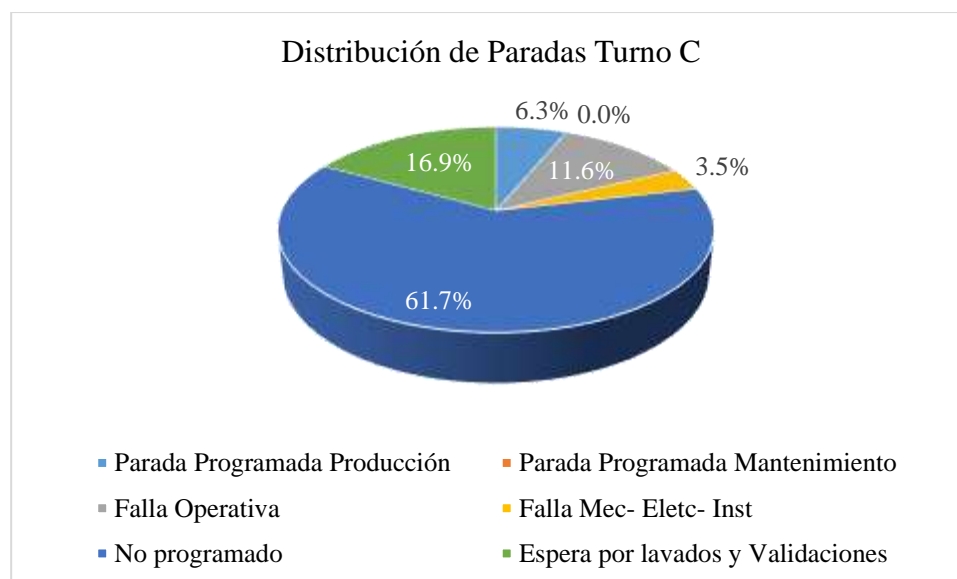


Figura 12: Distribución de paradas en el turno C
Fuente: Data área de embolsado

El porcentaje de demora por validaciones de laboratorio genera pérdidas económicas en la línea de envasado, aunque por ahora no es un costo imputado directamente al laboratorio, de igual manera repercute en el costo general de la empresa, dejando de percibir dinero en el momento que se espera la validación de los despachos.

Para verificar la data inicial del área de envasado se realiza un control interno de tiempo de atención por el la validaciones de los despachos. Se analiza data de 3 meses teniendo como resultado promedio por espera de validaciones de 91, 4 minutos para los cementos no adicionados, este tiempo se controla desde el momento de la recolección de la muestra hasta el envío del correo de validación; para el cálculo se descarta el turno A porque generalmente no se programa despachos en este turno. Con la capacidad real de la máquina de embolsado, la cantidad de lavados por mes en los tunos B y C, el tiempo promedio de validación y el costo de producción por bolsa se obtiene el costo por la espera de validaciones; la empresa deja de percibir por demoras en espera de validaciones aproximadamente S/. 516 146 mensuales, siendo una importante oportunidad para aplicar el rediseño de procesos de laboratorio y reducir los costos. En la tabla 6, se muestra el costo en soles que la empresa deja de percibir por parada de la línea de envasado por espera de validación de Control de Calidad.

Tabla 6: Valor en soles que la empresa se deja de percibir por demora de validaciones

Cálculo de pérdidas por espera de validaciones						
Capacidad nominal	1850 bolsas/h					
Disponibilidad real	1573.5 bolsas/h					
Capacidad por minuto	26 bolsas/min					
Costo mensual por espera de validaciones - Actual						
Mes	N° Lavados	Demora en el Tiempo de atención	Capacidad real de la Máquina de embolsado (Bolsas/ min)	Costo por bolsa	Costo mensual por espera de validación	Costo anual
dic-19	21	91.4	26	8.5	S/ 427 858	
ene-20	24	91.4	26	8.5	S/ 488 981	
feb-20	31	91.4	26	8.5	S/ 631 600	
					S/ 516 146	S/ 6 193 758

Fuente: Elaboración propia

4.2. Rediseño de Procesos en Laboratorio

4.2.1. Causa 01: Plan estratégico de línea 4 sin ejecución

Se determinó inicialmente que por el arranque de la línea 2, el impacto en la carga de trabajo recae principalmente en el área de preparación de muestras (Manuprep) para ensayos por FRX, según evaluación inicial, la variación 2017-2019 fue de 55, 96%.

Por este laboratorio pasan todas las materias primas, productos en procesos y terminados de toda la planta, es decir, las muestras llegan al laboratorio finas, granuladas y gruesas, y ahí es en donde se vuelve complejo tener una sola medición en esta área, sin embargo, se realizó un estudio de tiempos de 2 meses en la cual se determinó 4 formas de ingreso de muestras.

1. Materiales finos entregados en laboratorio de preparación de muestras
2. Materiales finos en planta
3. Materiales gruesos en planta
4. Materiales gruesos entregados en laboratorio.










Con esta data se realiza los diagramas de proceso de las muestras que ingresan al laboratorio para la elaboración de pastillas

4.2.1.1. Diagramas de proceso

Materiales finos entregados en laboratorio de preparación de muestras

Estos materiales son entregados en los ambientes del laboratorio de preparación de muestras (Manuprep) por las otras áreas y equivale a 52% de las muestras procesadas en este laboratorio, las cuales se procesan directamente sin otro tratamiento previo. Con la medición de tiempos se ha determinado el diagrama de análisis de proceso para este tipo de materiales.

Tabla 7: Diagrama de análisis de proceso para los materiales finos entregados en el área de Manuprep

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO - MATERIALES FINOS ENTREGADOS EN LABORATORIO					
	MÉTODO	PRE-PRUEBA	ACTIVIDAD		TIEMPO (min)
			Operación		
		POST-PRUEBA	Transporte		Inspección
Producto	Pastilla prensada	Inicia:	Demora		0
Proceso:	Toma y preparación de muestras	Finaliza:	Almacenamiento		0
Responsable	Carlos Ramírez	Fecha:	Distancia (m)		10
Ítem	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	    	Observaciones:
1	Pesado	-	0.970		
2	Transporte	1.4	0.050		
3	Preparación de disco	-	0.083		
4	Transporte	2.4	0.033		
5	Pulverizado	-	3.000		
6	Transporte	2.4	0.033		
7	Limpieza y mezcla	-	0.650		
8	Transporte	1.4	0.050		
9	Limpieza e inspección de prensa	-	0.083		
10	Prensa	-	0.750		
11	Retirado	-	0.067		
12	Revisión	-	0.100		
13	Colocar platillo	-	0.067		
14	Transporte RX	2.4	0.083		
15	Análisis por FRX	-	2.560		
TOTAL			8.58		

Fuente: Elaboración propia.










El tiempo total para el procesamiento de todo el ensayo para este tipo de muestras es de 8,58 min, de los cuales, se tienen 4 operaciones, 5 transportes y 6 operaciones con inspección y un recorrido de 10 metros.

Materiales finos en planta

Son los materiales en proceso, en este caso, son los que han pasado por el proceso de molienda y se requiere conocer sus características químicas y físicas para el control en línea del proceso, la toma de muestra se realiza por el operador de Manuprep, este tipo de muestras equivalen al 22% de las muestras procesadas en este laboratorio.

A continuación se muestra el diagrama de análisis de proceso para las muestras finas en planta.

Tabla 8: Diagrama de análisis de proceso para muestras finas en planta.

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO - MATERIALES FINOS EN PLANTA									
	MÉTODO	PRE-PRUEBA	ACTIVIDAD		TIEMPO (min)				
			Operación		3.02				
			Transporte		2				
		POST-PRUEBA	Inspección		7.46				
Producto	Pastilla prensada	Inicia:	Demora		0				
Proceso:	Toma y preparación de muestras	Finaliza:	Almacenamiento		0				
Responsable	Carlos Ramírez	Fecha:	Distancia (m)		91.4				
Ítem	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)						Observaciones:
1	Transporte	40	0.840						
2	Toma de muestra	-	0.750						
3	Transporte	40	0.840						
4	homogenizado y cuarteo	-	0.400						
5	Transporte	1.4	0.070						
6	Pesado	-	0.970						
7	Transporte	1.4	0.050						
8	Preparación de disco	-	0.083						
9	Transporte	2.4	0.033						
10	Pulverizado	-	3.000						
11	Transporte	2.4	0.033						
12	Limpieza y mezcla	-	0.650						
13	Transporte	1.4	0.050						
14	Limpieza e inspección de prensa	-	0.083						
15	Prensa	-	0.750						
16	Retirado	-	0.067						
17	Revisión	-	0.100						
18	Colocar platillo	-	0.067						
19	Transporte RX	2.4	0.083						
20	Análisis por FRX	-	2.560						
TOTAL			11.48						

Fuente: Elaboración propia.































El tiempo total para el procesamiento de todo el ensayo para este tipo de muestras es de 11,48 min, de los cuales, se tienen 6 operaciones, 8 transportes y 5 operaciones con inspección y un recorrido de 91,4 metros.

Materiales gruesos en planta

Estos materiales son muestreados en planta por el operador de Manuprep, para el acondicionamiento de este tipo de materiales requiere tratamiento previo de trituración y pre-pulverizado antes de la elaboración de la pastilla, estos materiales solo equivalen al 6% de las muestras procesadas en este laboratorio.

A continuación se muestra el diagrama de análisis de proceso.

Tabla 9: Diagrama de análisis de proceso para materiales gruesos en planta

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO - MATERIALES GRUESOS EN PLANTA						
	MÉTODO	PRE-PRUEBA	ACTIVIDAD		TIEMPO (min)	
		POST-PRUEBA	Operación		3.38	
			Transporte		2.18	
			Inspección		8.76	
Producto	Pastilla prensada	Inicia:	Demora		0	
Proceso:	Toma y preparación de muestras	Finaliza:	Almacenamiento		0	
Responsable	Carlos Ramírez	Fecha:	Distancia (m)		183.6	
Ítem	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	    	Observaciones:	
1	Transporte	80	0.840			
2	Toma de muestra	-	1.400			
3	Transporte	80	0.840			
4	Trituradora	-	3.830			
5	Transporte	6	0.067			
14	Pesado	-	0.970			
15	Transporte	1.4	0.050			
16	Preparación de disco	-	0.083			
17	Transporte	2.4	0.033			
18	Pulverizado	-	3.000			
19	Transporte	2.4	0.033			
20	Limpieza y mezcla	-	0.650			
21	Transporte	1.4	0.050			
22	Limpieza e inspección de prensa	-	0.083			
23	Prensa	-	0.750			
24	Retirado	-	0.067			
25	Revisión	-	0.100			
26	Colocar platillo	-	0.067			
27	Transporte RX	2.4	0.083			
28	Análisis por FRX	-	2.560			
TOTAL			15.56			

Fuente: Elaboración propia

El tiempo total para el procesamiento de todo el ensayo para este tipo de muestras es de 15,56 min, de los cuales, se tienen 6 operaciones, 8 transportes y 6 operaciones con inspección, este proceso tiene un recorrido de 183,6 metros, el mayor de todos.

Materiales gruesos entregados en laboratorio.

Estos materiales son entregados en laboratorio y tienen que ser tratados previamente antes de la elaboración de la pastilla, este tipo de materiales equivales al 20% del total de las muestras que se procesan en este laboratorio. A continuación se muestra el diagrama de análisis de proceso para este tipo de materiales.

Tabla 10: Diagrama de análisis de proceso para materiales grueso entregados en laboratorio

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO - MATERIALES GRUESOS ENTREGADOS EN LABORATORIO						
	MÉTODO	PRE-PRUEBA	ACTIVIDAD		TIEMPO (min)	
			Operación			
			Transporte			
		POST-PRUEBA	Inspección			
Producto	Pastilla prensada	Inicia:	Demora		0	
Proceso:	Toma y preparación de muestras	Finaliza:	Almacenamiento		0	
Responsable	Carlos Ramírez	Fecha:	Distancia (m)		11.14	
Ítem	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)		Observaciones:	
1	Recepción y triturado		3.080			
2	homogenizado y cuarteo	-	0.750			
3	Transporte	1.4	0.070			
4	Pesado 02	-	0.970			
5	Transporte	1.4	0.050			
6	Preparación de disco	-	0.083			
7	Transporte	2.4	0.033			
8	Pulverizado	-	3.000			
9	Transporte	2.4	0.033			
10	Limpieza y mezcla	-	0.650			
11	Transporte	1.4	0.050			
12	Limpieza e inspección de prensa	-	0.083			
13	Prensa	-	0.750			
14	Retirado	-	0.067			
15	Revisión	-	0.100			
16	Colocar platillo	-	0.067			
17	Transporte RX	2.4	0.083			
18	Análisis por FRX	-	2.560			
TOTAL			12.48			

Fuente: Elaboración propia

El tiempo total para el procesamiento de todo el ensayo para este tipo de muestras es de 12,48 min, de los cuales, se tienen 6 operaciones, 6 transportes y 6 operaciones con inspección, este proceso tiene un recorrido de 11,14 metros.

4.2.1.2. Cálculo inicial de la productividad y eficiencia del laboratorio de preparación de muestras

Si tomamos en cuenta el tiempo de ciclo de los diagramas de proceso y calculamos a priori solo la productividad de pastillas (descontando el tiempo de ensayo en FRX), tendríamos una producción de 153 pastillas, lo cual no concuerda con los resultados reales a máxima capacidad ya que el laboratorio de Manuprep procesa aproximadamente 256 diarias, sin embargo, difiere de la programación de 328 pastillas por día.

Tabla 11: *Cálculo inicial vs producción real y programada*

Descripción	% por tipo de muestra	Capacidad de producción nominal	Capacidad de producción real	Cantidad de producción total
Materiales finos entregados en laboratorio	52%	80	64	33
Materiales finos tomados en planta	22%	48	39	9
Materiales gruesos en planta	6%	41	33	2
Materiales gruesos entregados en laboratorio	20%	48	39	8
Producción de pastillas por turno				51
Cálculo de Producción de pastillas por día				153
Pastillas Programadas por día				328
Producción real de pastillas por día				256

Fuente: Elaboración propia

Se evalúa en campo nuevamente el flujo de trabajo de los operadores vs los equipos disponibles en laboratorio y luego se determina el diagrama hombre máquina (ver anexos) para todos los materiales procesado en el laboratorio de Manuprep, teniendo los siguientes resultados de productividad y % de utilización:

Producción de pastillas para materiales finos entregadas en laboratorio

Tabla 12: Producción de pastillas para materiales finos entregados en laboratorio, según diagrama Hombre máquina

Producción de pastillas para materiales finos entregadas en laboratorio

Tiempo disponible/turno (min)	480
Producción esperada Pastillas/ turno	144
Tiempo real/turno (min)	385
Producción real Pastillas/ turno	116

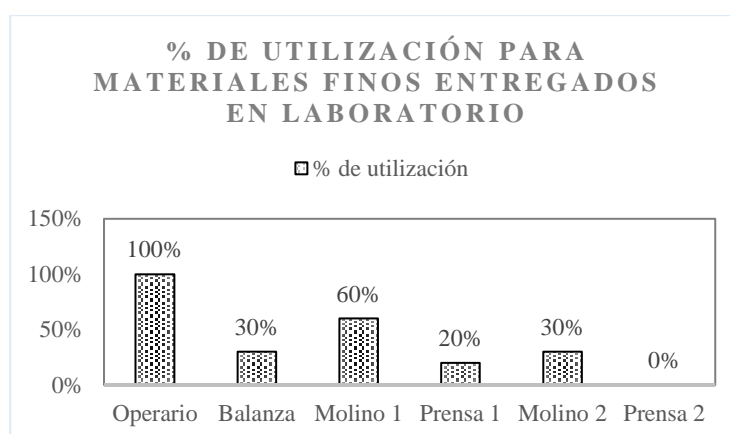


Figura 13: % de utilización para materiales finos entregados en laboratorio, según diagrama hombre máquina

Fuente: Elaboración propia

Producción de pastillas para materiales finos en planta

Tabla 13: Producción de pastillas para materiales finos en planta, según diagrama Hombre máquina

Producción de pastillas para materiales finos en planta	
Tiempo disponible/turno (min)	480
Producción esperada Pastillas/ turno	104
Tiempo disponible/turno (min)	385
Pastillas/ turno	83

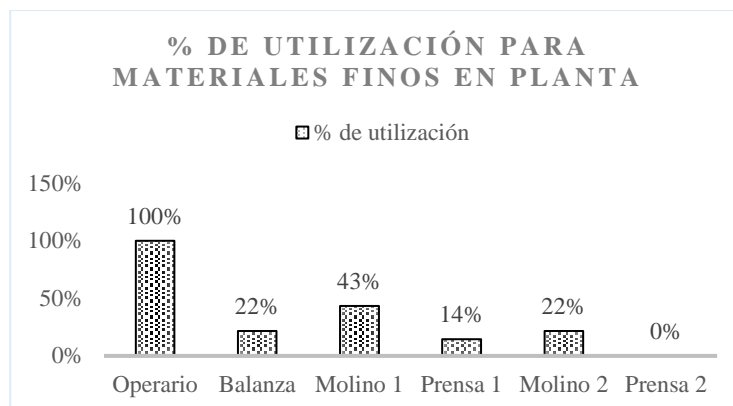


Figura 14: % de utilización para materiales finos en planta, según diagrama hombre máquina

Fuente: Elaboración propia

Producción de pastillas para materiales gruesos en planta

Tabla 14: Producción de pastillas para materiales finos en planta, según diagrama Hombre máquina

Producción de pastillas para materiales gruesos en planta	
Tiempo disponible/turno (min)	480
Producción esperada Pastillas/ turno	81
Tiempo disponible/turno (min)	385
Pastillas/ turno	65

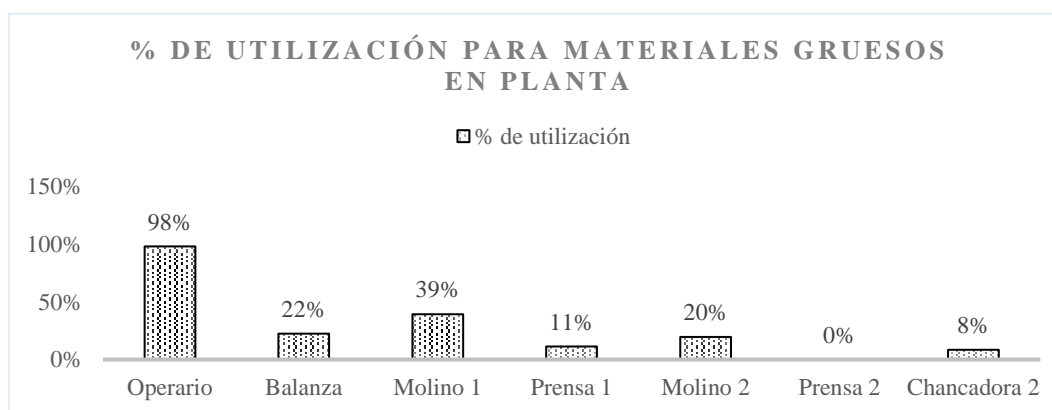


Figura 15: % de utilización para materiales gruesos en planta, según diagrama hombre máquina

Fuente: Elaboración propia

Producción de pastillas para materiales gruesos entregados en laboratorio

Tabla 15: Producción de pastillas para materiales gruesos entregados en laboratorio, según diagrama Hombre máquina

Producción de pastillas para materiales gruesos entregados en laboratorio	
Tiempo disponible/turno (min)	480
Producción esperada Pastillas/ turno	66
Tiempo disponible/turno (min)	385
Pastillas/ turno	53

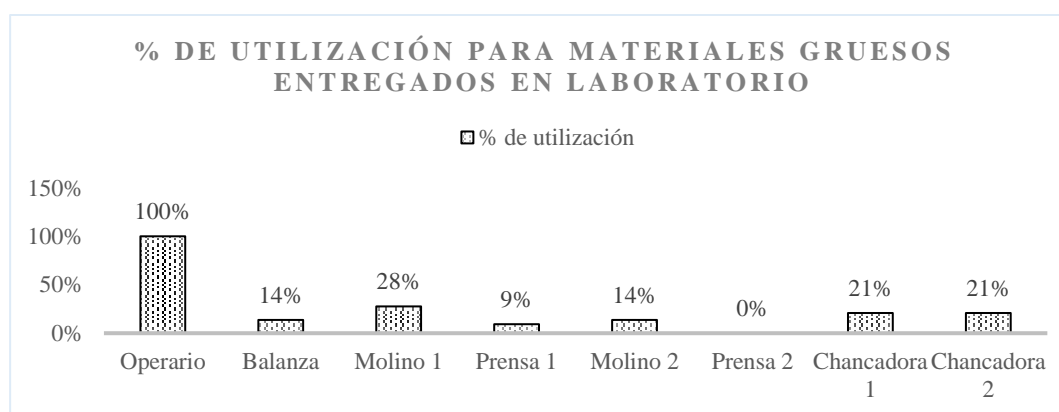


Figura 16: % de utilización para materiales gruesos entregados en laboratorio, según diagrama hombre máquina
Fuente: Elaboración propia

Con la nueva información se calcula nuevamente la producción de pastillas en Manuprep, teniendo resultado una producción de 276 muy similares a la producción real de 256, en esta primera evaluación la eficiencia del laboratorio se calcula en 78%, sin embargo, aún difiere de la programación de 328 pastillas por día, razón por la cual se continúa con la investigación en el rediseño de los procesos en esta área del laboratorio.

Tabla 16: Cálculo inicial de la producción de pastillas vs producción real y programada, según diagrama hombre máquina

Descripción	% por tipo de muestra	Capacidad de producción nominal	Capacidad de producción real	Cálculo de producción por tipo de muestra
Materiales finos entregados en laboratorio	52%	144	116	60
Materiales finos tomados en planta	22%	104	83	18
Materiales gruesos en planta	6%	81	65	4
Materiales gruesos entregados en laboratorio	20%	66	53	11
Producción de pastillas por turno				92
Cálculo de Producción de pastillas por día				276
Pastillas Programadas por día				328
Producción real de pastillas por día				256
Eficiencia				78%
Diferencia entre producción calculada y real				7,81%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3. Evaluación y eliminación de los desperdicios

Como parte de la evaluación para plantear las propuestas de mejora, se evalúa los movimientos que realiza el operador en la preparación de pastillas prensadas, a fin de poder realizar propuestos de eliminación o reducción de los mismos.

Evaluación de movimientos en Layout actual

Como se mostró en los análisis hombre máquina, para la preparación de pastillas prensadas de muestras finas se cuenta con 02 molinos vibratorios, 02 prensas, 01 aspiradora, 01 balanza de precisión, además de una campana de extracción de polvo. Según los resultados de la medición anterior, nuestra limitante es el tiempo Horas Hombre, ya que los operadores están ocupados en la mayoría de los casos el 100% del tiempo disponible, con respecto a las máquinas, se tiene bastante capacidad ociosa. Utilizando los diagramas de hilos se graficó el recorrido del operador de Manuprep para y los tiempos utilizado para la preparación de pastillas de materiales finos, los cuales se muestran en la figura siguiente:

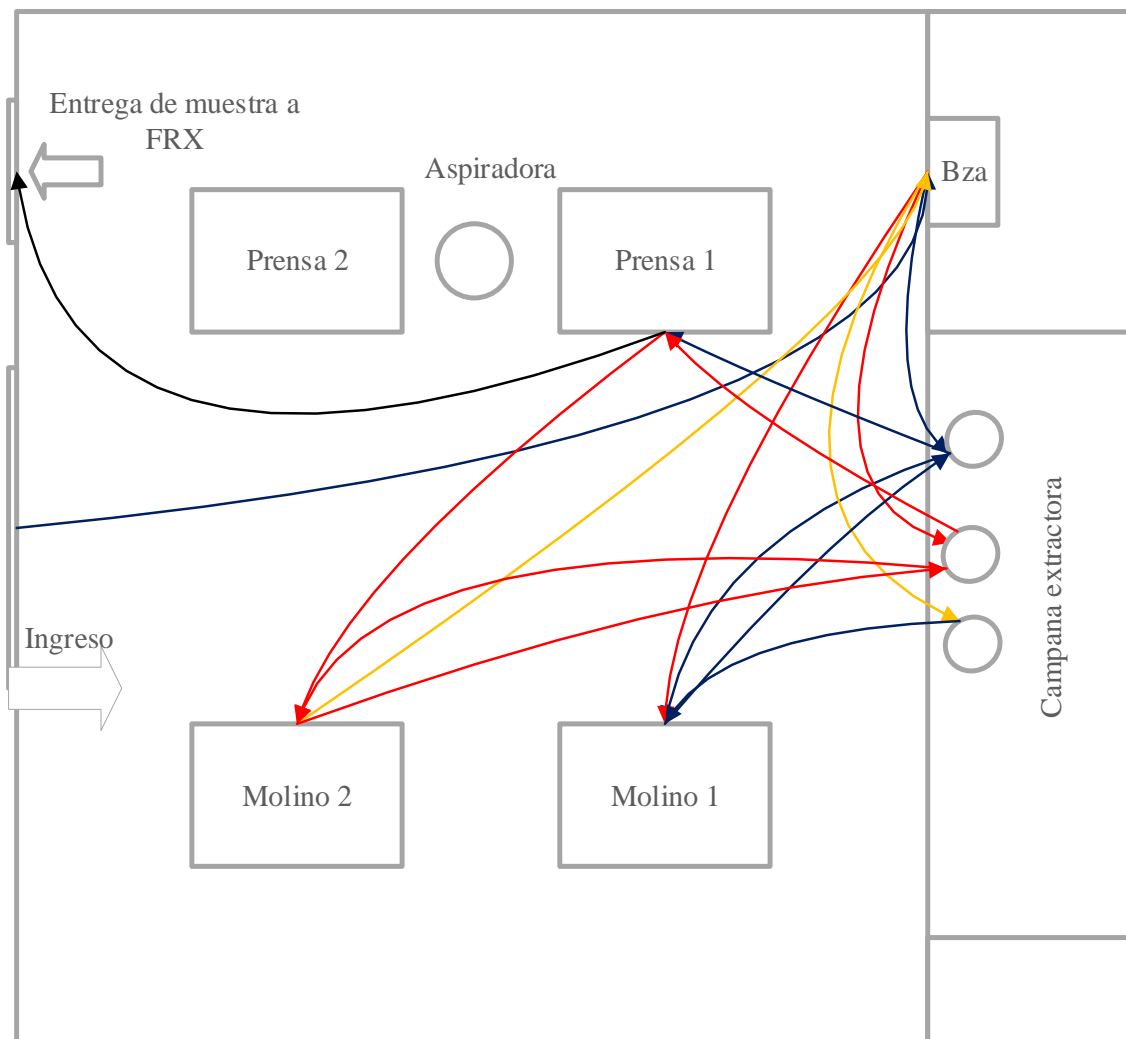


Figura 17: Layout actual y diagrama de hilos del laboratorio de Manuprep

Fuente: Elaboración propia

Según el Layout actual los equipos están distribuidos en paralelo al pasaje de ingreso, los movimientos del operador son a través de este pasaje para el tratamiento de las muestras. En la tabla N° 17 se muestra los resultados de la medición de los movimientos del Operador de Manuprep en el Layout actual, con un resultado de 21.1 segundos y con un recorrido de 28,1 metros

Tabla 17: *Resultados de movimientos del Operador de Manuprep en Layout actual*

	Movimientos	Espacio recorrido (m)	Tiempo (s)
1	Traslado a balanza	3,7	2,8
2	Traslado a disco 1	1,1	0,8
3	Traslado a molino 1	1,0	0,7
4	Traslado a balanza	2,4	1,8
5	Traslado a disco 2	1,2	0,9
6	Traslado a molino 2	2,8	2,1
7	Traslado a balanza	3,4	2,6
8	Traslado a disco 3	1,3	1,0
9	Traslado a molino 1	1,0	0,7
10	Traslado a limpieza disco 1	1,0	0,8
11	Traslado a prensa 1	1,0	0,8
12	Traslado a molino 2	1,5	1,1
13	Traslado a limpieza disco 2	2,8	2,1
14	Traslado a prensa 1	1,2	0,9
15	Traslado a entrega de muestra	2,8	2,1
	Total	28,1	21,1

Fuente. Elaboración propia

Evaluación de movimientos en Layout propuesto

Se analizaron varias opciones para la modificación del Layout, quedando con los mejores valores calculados el diagrama se muestra a continuación:

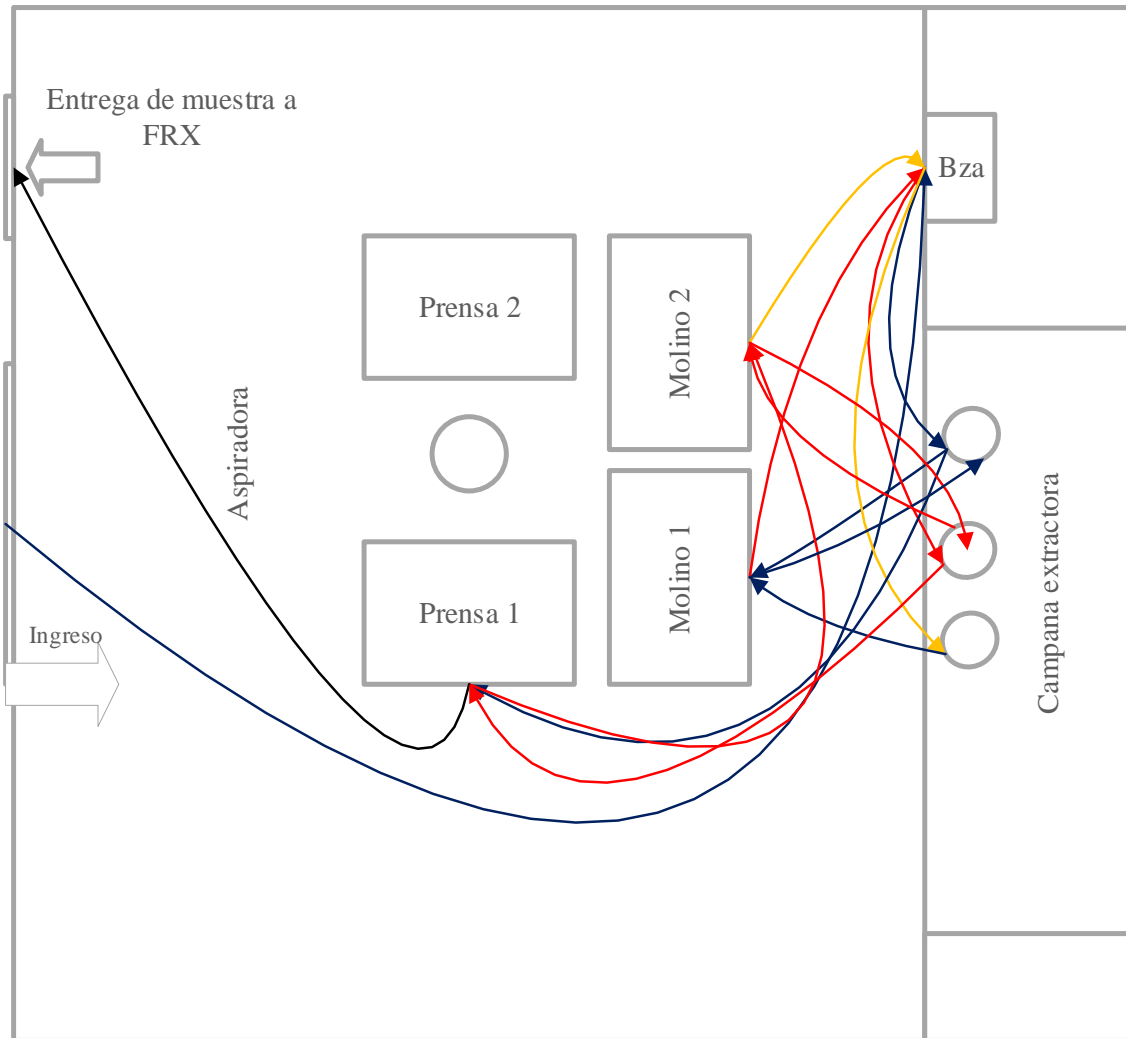


Figura 18: Layout propuesto y diagrama de hilos del laboratorio de Manuprep
Fuente: Elaboración propia

Según Layout propuesto, los equipos quedan cerca a la mesa de trabajo (campana extractora) y a la balanza, esta ubicación permite que las tapas de los molinos queden al frente de la mesa de trabajo, los resultados calculados son 20.8 metros de recorrido 15,6 segundos, en esta posición de los equipos el operador cuando va a colocar el disco de anillos en los molinos en algunos casos solo tiene que girar, siendo una importante mejora de optimización de tiempos y movimientos para el operador.

En la tabla siguiente, se muestra los resultados de los movimientos y tiempos del layout propuesto.

Tabla 18: *Resultados de movimientos del Operador de Manuprep en Layout actual*

Movimientos	Espacio recorrido (m)	Tiempo (s)
Traslado a balanza	4	3,0
Traslado a disco 1	1,1	0,8
Traslado a molino 1	0,7	0,5
Traslado a balanza	0,9	0,7
Traslado a disco 2	1,2	0,9
Traslado a molino 2	0,9	0,7
Traslado a balanza	0,8	0,6
Traslado a disco 3	1,3	1,0
Traslado a molino 1	0,7	0,5
Traslado a limpieza disco 1	0,7	0,5
Traslado a prensa 1	1,8	1,4
Traslado a molino 2	1,7	1,3
Traslado a limpieza disco 2	0,9	0,7
Traslado a prensa 1	1,5	1,1
Traslado a entrega de muestra	2,6	2,0
Total	20,8	15,6

Fuente. Elaboración propia

Comparando la medición en el Layouy actual y el propuesto, el tiempo se reduce de 21,1 a 15,6 lo que equivale a una reducción de tiempos del 26% con nuestra propuesta, la cual es una importante mejora en la optimización de tiempos en esta área de laboratorio.

4.2.1.4. Balanceo de la programación de pastillas

Se evalúa la programación actual de pastillas prensadas, observándose que hay un flujo constante, varía ampliamente entre una hora a otra, para lo cual se debe aplicar el balanceo de la programación de pastillas. En el gráfico siguiente se muestra se muestra la programación actual de preparación de pastillas prensadas.

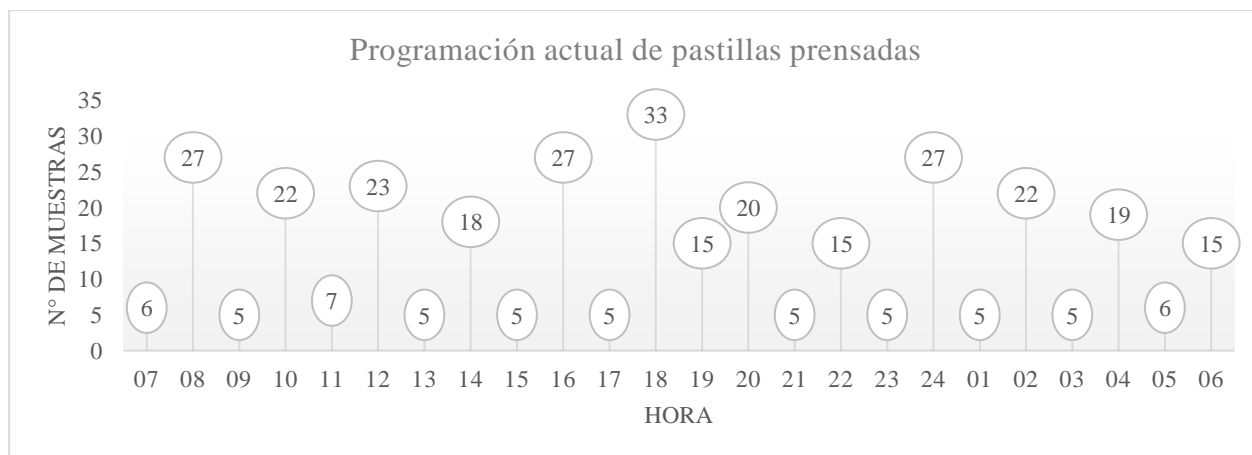


Figura 19: Programación actual de preparación de pastillas prensadas

Fuente: Data plan de muestreo del área de Control de Calidad

Haciendo un ajuste simple en la programación de algunas pastillas (cambio de frecuencia de hora para a hora impar) se logra mejorar notablemente (balanceo) la programación horaria de pastillas prensadas, tal como se observa en el gráfico siguiente.

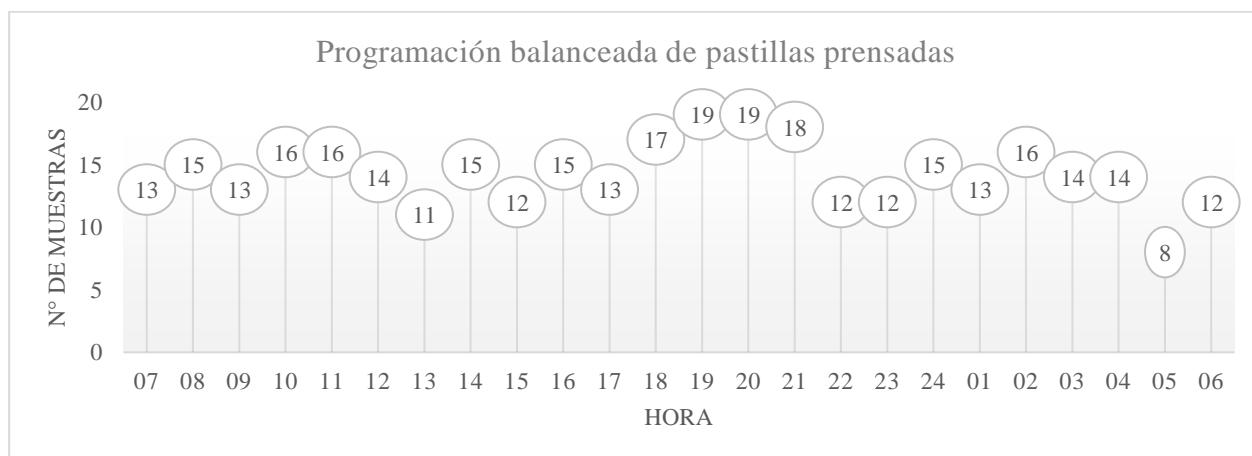


Figura 20: Nueva programación balanceada de preparación de pastillas prensadas

Fuente: Elaboración propia

En el primer balanceo, entre las 18-21 h, se programa mayor cantidad de pastillas, esto porque algunos equipos paran en este periodo de tiempo por hora punta, generalmente son los equipos de molienda de crudo, con este descuento en la programación y considerando a las 5 de la mañana la menor programación de pastillas, precisamente por los ensayos que el personal realiza fuera de este laboratorio (ensayo de humedad), el balanceo final se muestra en la figura siguiente:

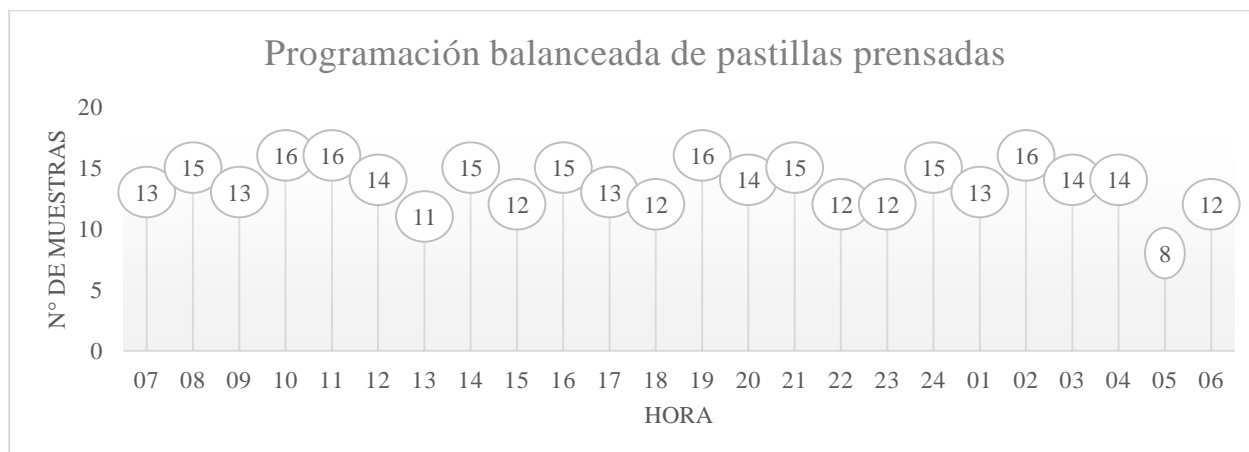


Figura 21: Nueva programación balanceada de preparación de pastillas prensadas, considerando parada hora punta

Fuente: Elaboración propia

Luego de balancear la programación de pastillas prensadas se procede a implementar una mejora en la preparación de pastillas, según la evaluación de los datos, se observó que en el operador de Manuprep pierde aproximadamente 1 minuto en el pesado de materiales, según el primer diagrama hombre máquina, solo permite procesar 3 muestras por ciclo en cada tipo de material, siendo el pesado del material el limitante para procesar mayor cantidad de muestras por ciclo.

Para un mejor entendimiento, explicaremos la etapa de pesado del material, el cual consiste en el pesado de la muestra (14 g) más el aglomerante (1g) en una balanza de precisión (aproximación de 0.002 g). El aglomerante es un material plástico que ayuda a compactar la pastilla prensada y pueden ser de varios tipos como:

- Celulosa microcristalina o metilcelulosa
- Cera micropulverizada
- Ácido esteárico
- Estearato de Sodio
- Alcohol polivinílico (sólido o solución acuosa oncentrada)
- Almidón o harina de maíz
- Aspirina (almidón o celulosa)
- Ácido Bórico

El aglomerante usado actualmente es cera micropulverizada, la cual por su naturaleza (material suelto) dificulta el pesado rápido del mismo, la propuesta es cambiar el aglomerante a pastillas comprimidas, lo cual elimina el tiempo de pesado del aglomerante, reduciendo al 50% el tiempo de pesado, es decir, solo el peso del material, con solo este cambio se evalúa nuevamente el diagrama hombre máquina teniendo los siguientes resultados.

4.2.1.5. Cálculo final de la productividad y eficiencia del laboratorio de preparación de muestras

Nueva Producción de pastillas para materiales finos entregadas en laboratorio

Tabla 19: Nueva Producción de pastillas para materiales finos entregados en laboratorio, según nuevo diagrama Hombre máquina

Producción de pastillas para materiales finos entregadas en laboratorio	
Tiempo disponible/turno (min)	480
Producción esperada Pastillas/ turno	180
Tiempo disponible/turno (min)	385
Pastillas/ turno	144

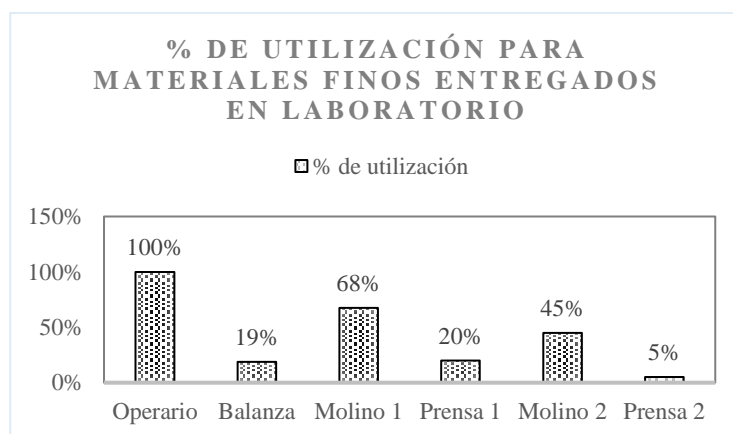


Figura 22: % nuevo porcentaje de utilización para materiales finos entregados en laboratorio, según nuevo diagrama hombre máquina

Fuente: Elaboración propia

Nueva Producción de pastillas para materiales finos en planta

Tabla 20: Nueva Producción de pastillas para materiales finos en planta, según nuevo diagrama Hombre máquina

Producción de pastillas para materiales finos en planta	
Tiempo disponible/turno (min)	480
Producción esperada Pastillas/ turno	140
Tiempo disponible/turno (min)	385
Pastillas/ turno	112

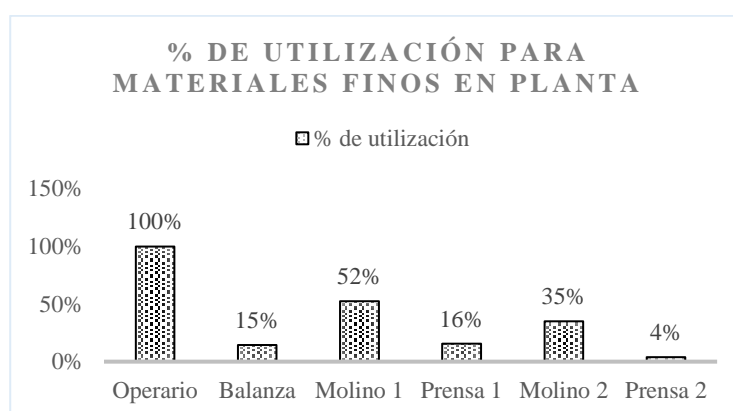


Figura 23: % nuevo porcentaje de utilización para materiales finos en planta, según nuevo diagrama hombre máquina

Fuente: Elaboración propia

Nueva Producción de pastillas para materiales gruesos en planta

Tabla 21: Nueva Producción de pastillas para materiales gruesos en planta, según nuevo diagrama Hombre máquina

Producción de pastillas para materiales gruesos en planta	
Tiempo disponible/turno (min)	480
Producción esperada Pastillas/ turno	113
Tiempo disponible/turno (min)	385
Pastillas/ turno	91

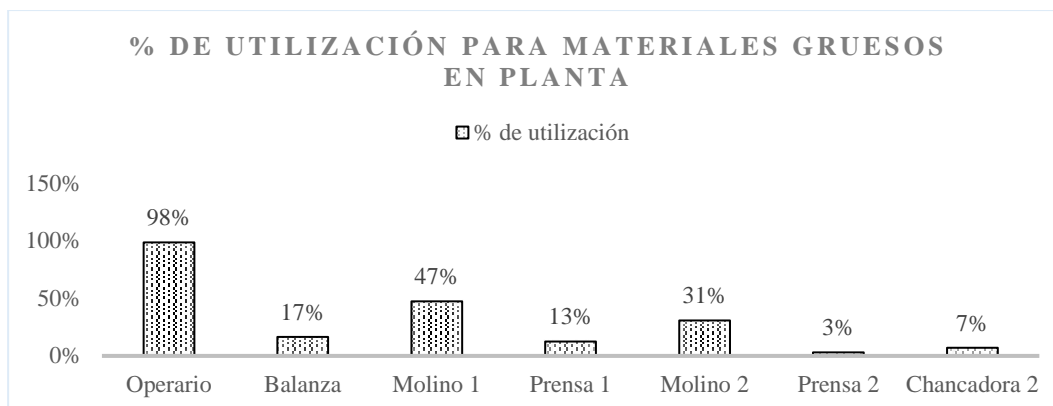


Figura 24: % nuevo porcentaje de utilización para materiales gruesos en planta, según nuevo diagrama hombre máquina

Fuente: Elaboración propia

Nueva Producción de pastillas para materiales gruesos entregados en laboratorio

Tabla 22: Nueva Producción de pastillas para materiales gruesos entregados en laboratorio, según nuevo diagrama Hombre máquina

Producción de pastillas para materiales gruesos entregados en laboratorio	
Tiempo disponible/turno (min)	480
Producción esperada Pastillas/ turno	96
Tiempo disponible/turno (min)	385
Pastillas/ turno	77

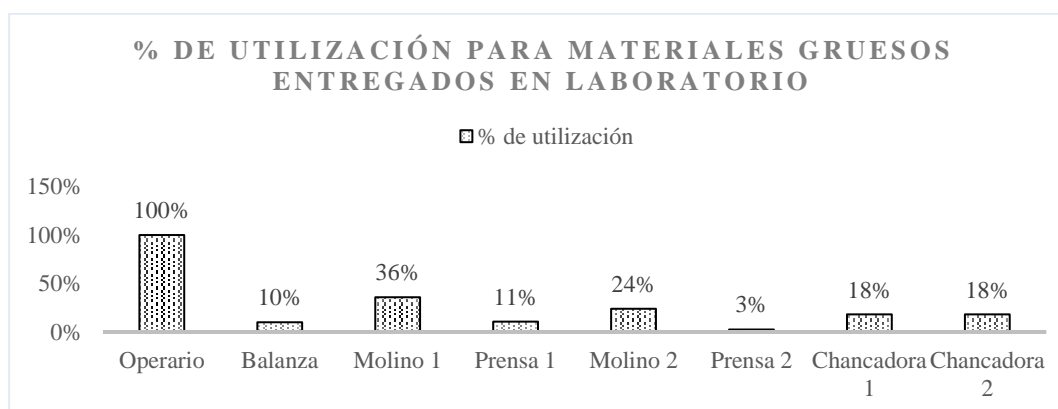


Figura 25: % nuevo porcentaje de utilización para materiales gruesos entregados en laboratorio, según nuevo diagrama hombre máquina

Fuente: Elaboración propia

Se aplica la reducción de tiempos propuesta y se calcula nuevamente la producción de pastillas, dando como resultados un incremento de 31% y mejorando la eficiencia en 102%. Se muestra el resumen en la tabla siguiente:

Tabla 23: *Cálculo final de la producción de pastillas vs producción real y programada, aplicando la mejora*

Descripción	% por tipo de muestra	Capacidad de producción nominal	Capacidad de producción real	Cálculo de producción por tipo de muestra
Materiales finos entregados en laboratorio	52%	180	144	74
Materiales finos tomados en planta	22%	140	112	25
Materiales gruesos en planta	6%	113	102	6
Materiales gruesos entregados en laboratorio	20%	96	77	16
Producción de pastillas por turno				121
Cálculo de producción de pastillas por día (ajustada con 7,81% - diferencia inicial de producción ajustada y real)				335
Pastillas Programadas por día				328
Producción real de pastillas por día				256
Incremento de la producción de pastillas prensadas				31%
Eficiencia				102%

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.6. Validación de la propuesta utilizando modelamiento con software Arena

Para evaluar la propuesta y aplicar los conocimientos aprendidos en el curso de simulación de procesos, se verifica esta propuesta con el modelamiento en el software Arena. Para generar el modelo inicialmente se identifican las entidades, eventos, variables, etc.

Tabla 24: *Identificación de entidades*

Sistema	Entidad	Tipo de Muestras	Porcentaje que llegan al laboratorio	Eventos	Recursos
Ensayos Químicos por FRX	Muestras	Materiales finos entregados en laboratorio	52%	Pesado, Pulverizado, Prensado, Ensayo FRX	Balanza, Molino pulverizador, Prensa de pastillas, Equipo FRX, Operador de Manuprep, Analista FRX
		Materiales finos tomados en planta	22%	Muestreo Materiales finos, Pesado, Pulverizado, Prensado, Ensayo FRX	Balanza, Molino pulverizador, Prensa de pastillas, Equipo FRX, Operador de Manuprep, Analista FRX
		Materiales gruesos en planta	6%	Muestreo Materiales Gruesos, Chancado, Pesado, Pulverizado, Prensado, Ensayo FRX	Chancadora, Balanza, Molino pulverizador, Prensa de pastillas, Equipo FRX, Operador de Manuprep, Analista FRX
		Materiales gruesos entregados en laboratorio	20%	Chancado, Pesado, Pulverizado, Prensado, Ensayo FRX	Chancadora, Balanza, Molino pulverizador, Prensa de pastillas, Equipo FRX, Operador de Manuprep, Analista FRX

Para aplicar el modelo se genera las distribuciones que se deben en cada proceso

Tabla 25: *Distribución normal en cada proceso- modelo 1*

Descripción	Modelo 1
Ingreso	NORM(5.56,2.02)
Muestreo grueso	NORM(3.08,0.31)
Muestreo fino	NORM(2.9,0.29)
Chancado	NORM(3.9,0.39)
Pesado	NORM(0.97,0.1)
Pulverizado	NORM(3.85,0.38)
Prensado	NORM(1.12,0.11)
Ensayo FRX	NOMR(2.64,0,26)

El modelo se plantea para evaluar el tiempo de la entidad en el sistema, y las unidades producidas.

En la imagen siguiente se muestra el modelamiento en el software Arena, el cual nos permitirá una mejor evaluación de la propuesta.

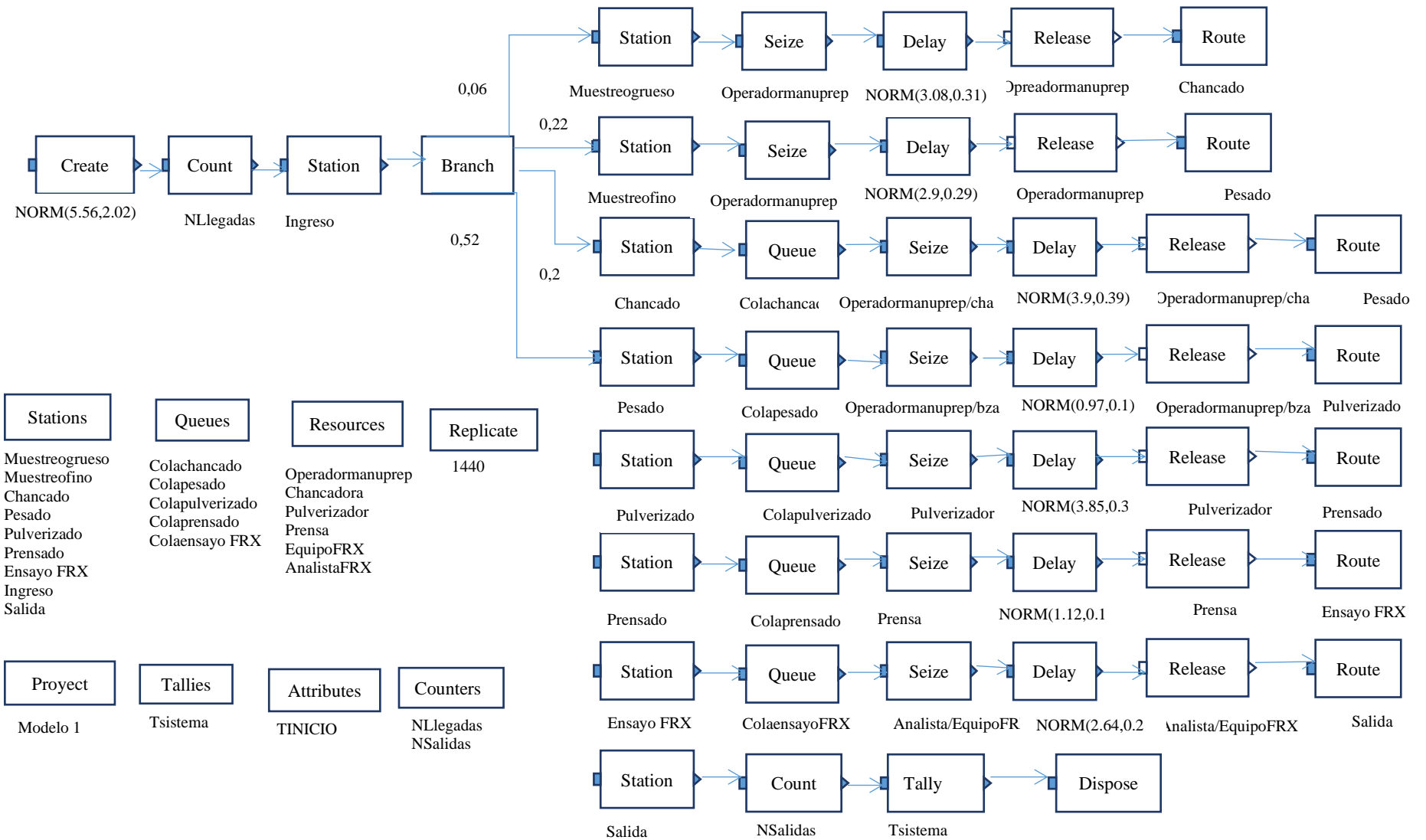


Figura 26: Modelamiento en Arena

Fuente: Elaboración propia

Validación del modelo

Se comparan los resultados del modelo con los del sistema real, en este caso, se tiene un tiempo de demora de la entidad de 11.82 minutos, con un tiempo de unidades producidas de 257 pastillas, similar al promedio real de 256. Según estos resultados se concluye que el modelo es correcto.

ARENA Simulation Results					
Microsoft - License: STUDENT					
Summary for Replication 1 of 20					
Project: Modelo 1					Run execution date : 8/10/2020
Analyst: Carlos					Model revision date: 8/10/2020
Replication ended at time	: 1440.0 Minutes				
Base Time Units: Minutes					
TALLY VARIABLES					
Identifier	Average	Half width	Minimum	Maximum	Observations
TSISTEMA	11.816	(Insuf)	7.5570	23.684	257
ColaEnsayoFRX.waitingTime	.44051	(Insuf)	.00000	4.0880	257
ColaPrensado.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	257
ColaPulverizado.waitingTime	.10907	(Insuf)	.00000	2.4815	259
ColaPesado.waitingTime	.56402	(Insuf)	.00000	6.4438	259
ColaChancado.waitingTime	.38239	(Insuf)	.00000	3.8005	75
DISCRETE-CHANGE VARIABLES					
Identifier	Average	Half width	Minimum	Maximum	Final value
ColaEnsayoFRX.NumberInQueue	.07862	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
ColaPrensado.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
ColaPulverizado.NumberInQueue	.01962	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
ColaPesado.NumberInQueue	.10145	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
ColaChancado.NumberInQueue	.01992	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
COUNTERS					
Identifier	Count	Limit			
NLlegadas	259	Infinite			
NSalidas	257	Infinite			

Figura 27: Modelamiento en software Arena – Modelo 01

Después validar el modelo, se realiza el análisis del sistema para determinar el número de corridas necesarias.

Análisis de sistema

Para determinar si el sistema es confiable es necesario determinar el número de réplicas del sistema, para lo cual se realizan 10 corridas iniciales, las cuales se muestra en la tabla siguiente

Tabla 26: *Repeticiones iniciales para análisis de sensibilidad*

Corrida	Resultado Modelo 1
1	11.82
2	11.43
3	11.04
4	12.1
5	12.54
6	11.76
7	11.67
8	11.84
9	10.92
10	12.18

Promedio: 11.73

Desvest: 0.50

Luego se determina las corridas necesarias siguiendo los siguientes cálculos:

Para un nivel de confianza de 97.5% se tiene lo siguiente:

$$t_{0.975} = 2.228$$

$$h = 0.352$$

$h^* \cong 0.25$, entonces:

$$n^* = [10 (0.5/0.25)^2] = [19.79] = 20$$

En número de corridas que necesita el modelo es de 20 repeticiones

Modelamiento de la propuesta

La propuesta indica la reducción de tiempos del 26% en la sala de preparación de muestras más la reducción del 50% del tiempo en el pesado. Las distribuciones para el modelo se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 27: *Distribución normal en cada proceso- modelo 2*

Descripción	Modelo 2
Ingreso	NORM(5.56,2.02)
Muestreo grueso	NORM(3.08,0.31)
Muestreo fino	NORM(2.9,0.29)
Chancado	NORM(3.9,0.39)
Pesado	NORM(0.48,0.03)
Pulverizado	NORM(2.85,0.28)
Prensado	NORM(0.83,0.08)
Ensayo FRX	NOMR(2.64,0,26)

Los resultados del modelo son los siguientes:

ARENA Simulation Results Microsoft - License: STUDENT					
Summary for Replication 3 of 20					
Project: Modelo 1			Run execution date : 8/10/2020		
Analyst: Carlos			Model revision date: 8/10/2020		
Replication ended at time : 1440.0 Minutes					
Base Time Units: Minutes					
TALLY VARIABLES					
Identifier	Average	Half width	Minimum	Maximum	Observations
TSISTEMA	9.7649	(Insuf)	5.7875	19.097	255
ColaEnsayoFRX.waitingTime	.53338	(Insuf)	.00000	4.4293	256
ColaPrensado.waitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	256
ColaPulverizado.waitingTime	.03296	(Insuf)	.00000	2.1123	258
ColaPesado.waitingTime	.40180	(Insuf)	.00000	4.6804	258
ColaChancado.waitingTime	.20118	(Insuf)	.00000	2.9555	73
DISCRETE-CHANGE VARIABLES					
Identifier	Average	Half width	Minimum	Maximum	Final value
ColaEnsayoFRX.NumberInQueue	.09482	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
ColaPrensado.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
ColaPulverizado.NumberInQueue	.00591	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
ColaPesado.NumberInQueue	.07199	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
ColaChancado.NumberInQueue	.01020	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
COUNTERS					
Identifier	Count	Limit			
NLlegadas	258	Infinite			
NSalidas	255	Infinite			

Figura 28: Modelamiento en software Arena – Modelo 02

Del modelo 1 (corrida 1) con un valor de tiempo en el sistema de 11.82 se reduce en el modelo 2 (corrida 1) a 9.76 minutos de tiempo en el sistema de la entidad. Este escenario de mejora nos lleva a plantear un tercer modelo, con la premisa de que al tener menor tiempo de las entidades en el sistema se puede reducir el tiempo de llegadas e incrementar la productividad de pastillas prensadas, se plantea las siguientes distribuciones para el tercer modelo.

Tabla 28: Distribución normal en cada proceso- modelo 3

Descripción	Modelo 2
Ingreso	NORM(5.26,2.02)
Muestreo grueso	NORM(3.08,0.31)
Muestreo fino	NORM(2.9,0.29)
Chancado	NORM(3.9,0.39)
Pesado	NORM(0.48,0.03)
Pulverizado	NORM(2.85,0.28)
Prensado	NORM(0.83,0.08)
Ensayo FRX	NOMR(2.64,0,26)

Se plantea una reducción del tiempo de llegadas en 1,30 minutos para poder lograr un tiempo en el sistema similar al modelo1, los resultados de esta reducción de tiempos para el modelo 3, se muestran a continuación.

ARENA Simulation Results
Microsoft - License: STUDENT
Summary for Replication 3 of 20

Project: Modelo 1
Analyst: Carlos

Run execution date : 8/10/2020
Model revision date: 8/10/2020

Replication ended at time : 1440.0 Minutes
Base Time Units: Minutes

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half width	Minimum	Maximum	Observations
TSISTEMA	11.498	.63185	6.1204	28.580	335
ColaEnsayoFRX.waitingTime	1.2942	.21540	.00000	7.7613	336
ColaPrensado.waitingTime	.00000	.00000	.00000	.00000	337
ColaPulverizado.waitingTime	.19773	.06337	.00000	3.7415	337
ColaPesado.waitingTime	.99123	.26130	.00000	8.2014	337
ColaChancado.waitingTime	.49380	(Insuf)	.00000	4.4879	81

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half width	Minimum	Maximum	Final value
ColaEnsayoFRX.NumberInQueue	.30282	.06458	.00000	3.0000	1.0000
ColaPrensado.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
ColaPulverizado.NumberInQueue	.04627	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
ColaPesado.NumberInQueue	.23270	(Insuf)	.00000	4.0000	1.0000
ColaChancado.NumberInQueue	.02778	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
NLlegadas	339	Infinite
NSalidas	335	Infinite

Figura 29: Modelamiento en software Arena – Modelo 03

Según los resultados del modelo 3 se incrementa la producción de pastillas prensadas de 257 a 335, con un tiempo en el sistema de la entidad muy similar al tiempo del modelo 1.

En la tabla siguiente se muestra le resumen de los tres modelos, con las 20 corridas que se calcularon inicialmente.

Tabla 29: *Resumen de mediciones de los 3 modelos en Arena*

Corrida	Tiempo en el sistema Modelo 1	Producción Modelo 1	Tiempo en el sistema Modelo 2	Producción Modelo 2	Tiempo en el sistema Modelo 3	Producción Modelo 3
1	11,82	257	9,9	251	11,21	328
2	11,43	253	9,9	255	11,49	328
3	11,04	255	9,76	255	11,5	335
4	12,1	261	9,23	262	13,04	347
5	12,54	260	9,25	252	12,45	338
6	11,76	265	9,68	262	10,72	347
7	11,67	250	10,27	255	11,39	322
8	11,84	259	9,87	253	11,94	335
9	10,92	253	9,58	264	10,49	327
10	12,18	262	9,61	265	11,71	345
11	12,23	256	9,85	261	10,72	316
12	12,43	264	9,8	260	11,37	334
13	11,7	250	9,97	255	11,74	333
14	11,31	256	9,95	258	12,53	337
15	11,6	247	9,81	257	11,54	321
16	11,47	255	10,27	255	11,75	334
17	11,86	255	9,61	249	11,33	333
18	11,9	251	9,69	256	11,31	332
19	12,17	262	9,85	260	11,64	343
20	11,43	253	10,02	255	12,79	342
Promedio	11,77	256	9,8	257	11,63	334
Desvest	0,43	5,00	0,27	4,38	0,67	8,57

Con los resultados arrojados por el modelo 3 la producción de pastillas prensadas se incrementa en 30%, la eficiencia de 78 a 102%.

Tabla 30: *Resumen de mediciones de los 3 modelos en Arena*

Producción de pastillas modelamiento Arena	334
Pastillas Programadas por día	328
Producción real de pastillas por día	256
<hr/>	
Incremento de la producción de pastillas prensadas	30%
Eficiencia	102%

4.2.2. Causa 02: Ineficiente distribución de carga laboral

Otro de los factores que incrementa los costos del laboratorio son el pago de horas extras a los colaboradores, esto nos da una oportunidad para una para mejorar la organización de las actividades, eliminar las actividades y tiempos improductivos, lo cual permitirá reducir horas extras y pagos de personal de apoyo.

Evaluando a detalle el costo de las horas extras d los colaboradores, se determina que los laboratorios que generan mayor costo de horas extras son: el laboratorio de pruebas físicas y de rayos X, los cuales equivalen al 73% del costo total de horas extras del área. En la figura siguiente se muestra el costo de horas extras por cada laboratorio.

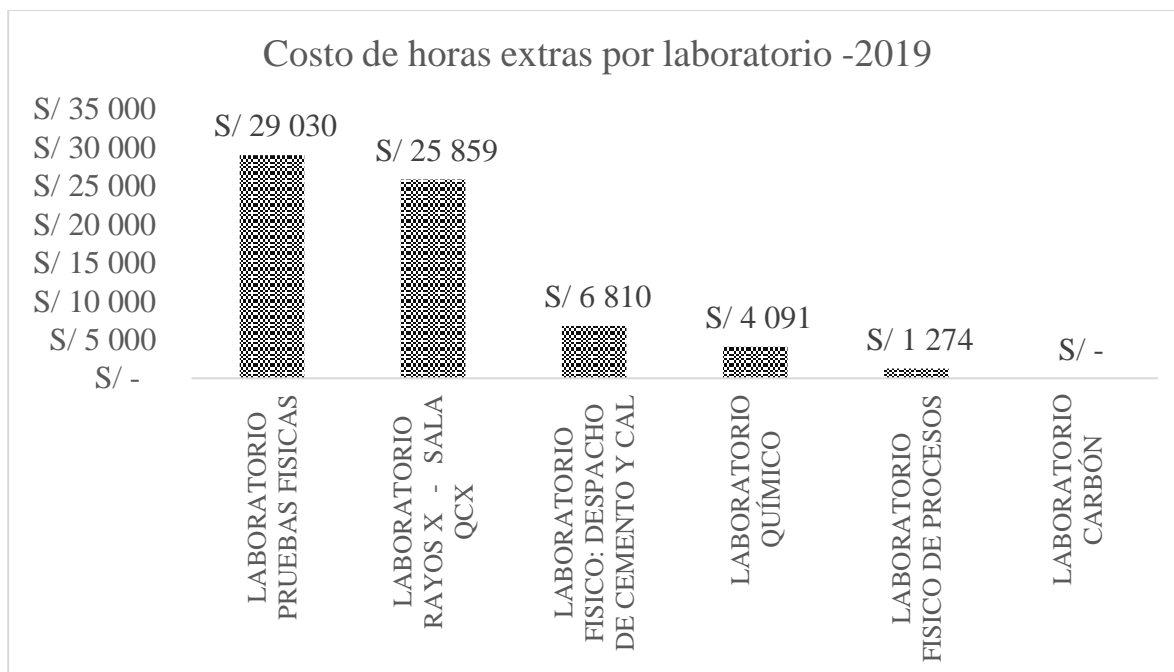


Figura 30: Costo de horas extras por laboratorio 2019

Fuente: Data RRHH

Determinando que los laboratorios de rayos X y de prueba físicas son los que están generando mayor costo de horas extras, se procede a la evaluación de cada uno para realizar la propuesta de mejora.

En la evaluación de las horas extras del laboratorio de rayos X, se determina que se generan básicamente por la carga de trabajo en el área de preparación de muestras, para lo cual ya se tiene un propuesta de mejora en la causa 01, sin embargo, en el laboratorio de pruebas físicas los motivos son básicamente cumplir ensayos pendientes, en este sentido, se realiza una evaluación completa en este laboratorio.

Inicialmente se realiza un estudio de tiempos en este laboratorio, a fin de poder determinar los tiempos estándares de cada ensayo y poder establecer el tiempo real requerido para el desarrollo de actividades en este laboratorio.

En la tabla siguiente se muestra los tiempos estándares para cada grupo de ensayos.

Tabla 31: *Tiempos estándares para las actividades del laboratorio de Pruebas Físicas*

Frecuencia	Ensayos	Tiempo Estándar de preparación	Tiempo Estándar rotura/ medición	Tiempo Estándar limpieza	Tiempo Estándar Total
Diaria	Resistencia a la compresión	33,04	20,56	10,9	64,52
	Fraguado	8,21	1,92	1,37	11,50
	Expansión en autoclave	5,13	12,73	4,11	21,97
	Blaine	2,77		0	2,77
	Retenido en malla 325	0,92		0	0,92
	Retenido el malla 450	0,92		0	0,92
	Expansión al agua	14,41	10,93	2,75	28,09
	Expansión a los sulfatos	13,57	13,71	2,44	29,72
Mensual	Contenido de aire	23,4		1,5	24,9
	Densidad	18		2,5	20,5
	Opción R	9,97	13,73	1,8	25,5
	IAP	33,04	20,56	10,9	64,52
	Resistencia especiales	33,04	20,56	10,9	64,52
Especiales	Fraguado especiales	8,21	1,92	1,37	11,50
	Muestreo de aditivo	35			35
	Reportes adicionales	30			30

Fuente. Elaboración propia

Nota: Los tiempos estándares obtenidos corresponden al estudio de tiempos realizados en los Laboratorios de Control con el apoyo de pasantes de TECSUP, lo cual tuvieron una duración de 02 meses.

Para un mejor estudio de distribuye los ensayos según la frecuencia diaria, mensual y los ensayos especiales (por solicitud) que no tienen una programación fija.

Luego se evalúa el número de ensayos reales con data de laboratorio (data julio del 2019 a febrero 2020), el cual nos permite evaluar el comportamiento de cada grupo de ensayos.

En la tabla siguiente se muestra el número total de ensayos por día en el laboratorio de Pruebas Físicas.

Tabla 32: *Números de Ensayos realizados en el laboratorio de Pruebas Físicas*

N° Ensayos	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
N° Ensayos diario	49	49	46	46	50	48	48	49	49	48	46	51	52	48	50
N° Ensayos mensuales	4	8	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° Ensayos especiales	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4	4	1	1	3	1
N° Total de ensayos	54	58	47	57	51	59	50	52	52	52	50	52	53	51	51

N° Ensayos	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
N° Ensayos diario	51	48	50	54	52	49	52	44	50	46	45	46	46	46	50
N° Ensayos mensuales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° Ensayos especiales	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	4	4	9
N° Total de ensayos	52	49	51	55	53	51	53	45	51	47	46	47	50	50	59

Con la data obtenida se calcula el tiempo requerido para los ensayos en el laboratorio de pruebas físicas

En la tabla siguiente se muestra e consolidado de tiempo requerido para cada grupo de ensayo.

Tabla 33: Tiempo requerido para los Ensayos Físicos

Tiempo requerido por actividad	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10	día 11	día 12	día 13	día 14	día 15	
Tiempo actividades frecuencia diaria	743	751	709	709	763	734	734	753	746	730	706	789	801	742	763	
Tiempo actividades mensuales	64	115	0	180	0	234	0	55	0	0	0	0	0	0	55	
Tiempo actividades especiales	126	106	106	85	85	126	85	105	105	217	130	65	106	120	65	
Reportabilidad diaria	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Tiempo Actual	total	979	1017	860	1019	893	1139	864	958	896	992	882	899	951	907	927

Tiempo requerido por actividad	día 16	día 17	día 18	día 19	día 20	día 21	día 22	día 23	día 24	día 25	día 26	día 27	día 28	día 29	día 30	
Tiempo actividades frecuencia diaria	788	732	764	827	794	752	807	672	753	703	690	694	690	698	762	
Tiempo actividades mensuales	0	0	87	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	55	0	
Tiempo actividades especiales	85	85	85	65	65	65	113	92	85	65	106	106	158	181	158	
Reportabilidad diaria	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Tiempo Actual	total	918	862	981	936	904	861	1019	809	883	813	841	844	893	979	965

Teniendo el tiempo requerido para todos los tipos de ensayo en el laboratorio de pruebas físicas, se contrasta con el tiempo disponible de los 03 Colaboradores de esta área, determinado que tenemos tiempo ocioso en este laboratorio.. En la figura siguiente se muestra el tiempo disponible vs el tiempo requerido para los ensayos del laboratorio de pruebas físicas

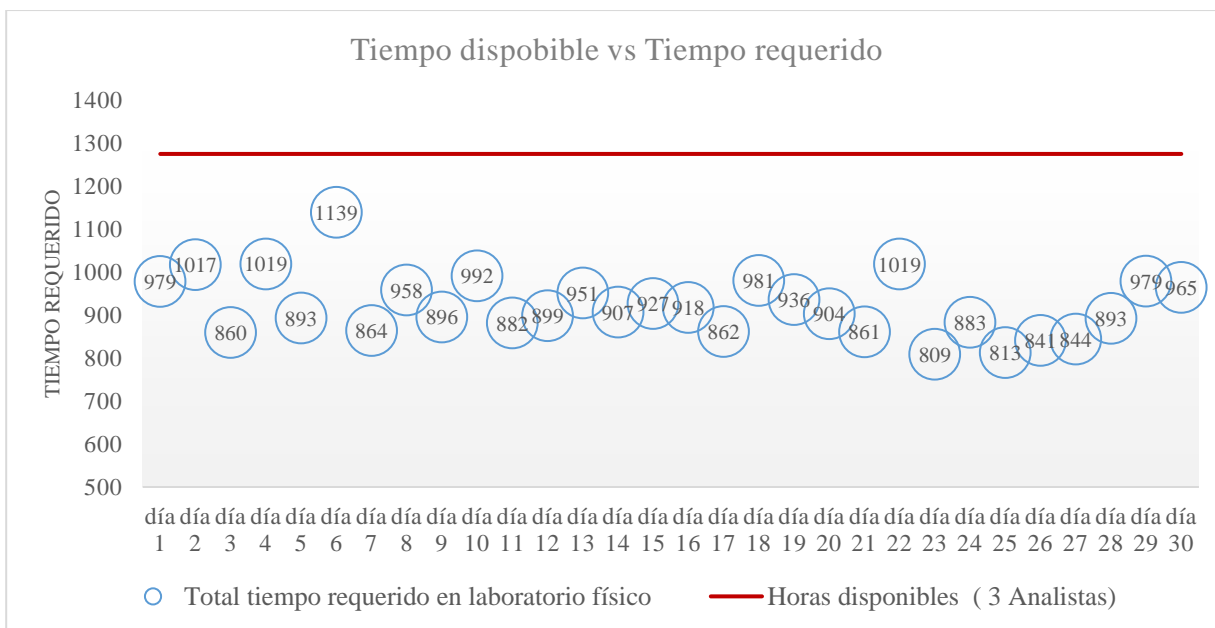


Figura 31: Tiempo disponible para ensayos vs tiempo requerido

Continuando con la evaluación verificamos los turnos de trabajo, los cuales están distribuidos de la siguiente manera: 01 turno de 07:00 a 15:00 h (turno A), 01 turno de 15:00 a 23:00 h (Turno B) y 01 turno de 7:30 a 12:30 y 14:30 a 18:00 h (turno D). El turno D cuenta con 2 horas para el refrigerio, lo cual es ineficiente para el desarrollo de los ensayos en este laboratorio, teniendo en cuenta que los ensayos son continuos y requieren la observación permanente, descontinuar los ensayos genera pérdidas de tiempo, generalmente al empezar los ensayos en tarde el analista se queda para terminar el mismo, generando horas extras innecesarias, contrario a esto, si no hay producción generan tiempos improductivos, de igual manera, en el Turno B se generan tiempos improductivos ya que la mayoría de ensayos se realizan en el día y en la noche no contamos con supervisión en el laboratorio.

Con la data obtenida calculamos una eficiencia de 72,4% en el laboratorio de pruebas físicas, la cual se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 34: *Eficiencia actual del laboratorio de Pruebas Físicas*

N° ensayos de molienda	641
N° ensayos de despacho	848
N° ensayos especiales	58
Total N° de ensayos	1547
Tiempo real utilizado	27691
Tiempo disponible	38250
Producción esperada	2137
Eficiencia	72,4%

Fuente: Elaboración propia, data ensayos julio 2019 a febrero 2020, estudio de tiempos.

Con estos resultados iniciales, analizamos la propuesta de mejora en este laboratorio, el cual contempla mejorar la eficiencia de ensayos a partir de una mejor organización de los turnos de trabajo y la eliminación de ensayos innecesarios.

Como se observan tiempos muertos y baja eficiencia en este laboratorio, se propone inicialmente reducción de ensayos innecesarios, principalmente de resistencia a la compresión de productos que tienen baja desviación estándar, estos productos son analizados en la molienda y luego en el despacho todos los días, básicamente se repiten los ensayos. Para tener una idea de la desviación estándar en este ensayo se compara con la desviación estándar obtenida en los interlaboratorios Internacionales CCRL, donde la calificación tiene un desempeño Z score de 5 (alto desempeño).

Tabla 35: Comparación de desviación estándar de ensayos de resistencia de productos de planta vs desviación estándar de interlaboratorio Internacional (CCRL)

Tipo de Cemento	Molienda	DS Molienda	Despacho	DS Despacho	DS Interab. CCRL
Resistencia 1 día Cemento ICO	1634	116	1633	119	-
Resistencia 3 días Cemento ICO	3375	195	3327	198	263
Resistencia 7 días Cemento ICO	4388	216	4358	219	303
Resistencia 28 días Cemento ICO	5515	238	5493	241	337
Resistencia 1 día Cemento MS (MH)	1461	87	1470	90	
Resistencia 3 días Cemento MS(MH)	3273	154	3248	155	263
Resistencia 7 días Cemento MS(MH)	4719	189	4722	190	303
Resistencia 28 días Cemento MS(MH)	6547	246	6550	259	337

Fuente: Data histórica de ensayos de resistencia

Según tabla anterior, las desviaciones estándar son más bajas que el laboratorio internacional CCRL, por lo tanto, la propuesta es reducir estos ensayos en el despacho, de ensayos diarios pasarlos a ensayos semanales, de esta manera se elimina 52 ensayos de resistencia a la compresión, lo que equivale a una reducción del 20 % de la carga laboral en este ensayo y 10,99% en todo el laboratorio. Después de reducir ensayos, la otra actividad que se realiza es el ordenamiento de ensayos mensuales y especiales a fin de optimizar el tiempo disponible en este laboratorio. En la tabla siguiente se muestra el nuevo número de ensayos requeridos, después de aplicar la reducción de ensayos de resistencia a la compresión y el ordenamiento de ensayos mensuales y especiales.

Tabla 36: *Nuevo número de Ensayos requerido en laboratorio*

N° Ensayos	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
N° Ensayos diario	38	38	36	36	39	37	37	38	38	37	36	40	41	38	39
N° Ensayos mensuales	6	2	5	5	4	3	3	1	3	0	0	0	0	0	0
N° Ensayos especiales	2	5	1	1	1	1	2	1	1	2	3	1	1	2	2
N° Total de ensayos	46	45	42	42	44	41	42	40	42	39	39	41	42	40	41

N° Ensayos	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
N° Ensayos diario	40	38	39	42	41	38	41	34	39	36	35	35	36	36	39
N° Ensayos mensuales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N° Ensayos especiales	2	2	2	1	2	2	0	3	2	2	3	3	4	2	2
N° Total de ensayos	42	40	41	43	43	40	41	37	41	38	38	38	40	38	41

La reducción del 20% de ensayos requiere menor requerimiento de tiempo de ensayos, en la tabla siguiente se muestra el tiempo requerido para la realización de estos ensayos.

Tabla 37: *Nuevo tiempo requerido para Ensayos Físicos*

Tiempo requerido por actividad	por	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día	día
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Tiempo actividades diarias	59	60	56	56	60	58	58	60	59	58	56	63	64	59	61	
Actividades mensuales	4	0	5	5	9	5	6	2	5	2	1	2	1	1	0	
Actividades especiales	93	29	83	83	72	70	70	78	70	0	0	0	0	0	55	
Reportabilidad diaria										12	15				12	
Tiempo total Propuesta	51	85	65	65	35	65	76	65	65	9	9	65	65	9	76	
Reportabilidad diaria	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Tiempo total Propuesta	783	759	757	757	761	765	777	790	775	756	765	742	750	765	786	

Tiempo requerido por actividad	por día 16	día 17	día 18	día 19	día 20	día 21	día 22	día 23	día 24	día 25	día 26	día 27	día 28	día 29	día 30
Tiempo actividades diarias	63	58	60	66	63	60	64	53	60	55	55	55	54	55	60
Actividades mensuales	1	4	9	3	6	0	7	5	2	9	0	3	9	7	8
Actividades especiales	0	0	22	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	55	0
Reportabilidad diaria	12				12		19	12	12	15	14	15	12	12	
Tiempo total Propuesta	770	758	752	773	775	774	746	773	776	733	754	738	746	786	782

Con la reducción del tiempo requerido en el laboratorio de pruebas físicas, solo se programaría dos turnos de trabajo A y B, con lo cual se eliminaría el turno D, por lo tanto, este laboratorio solo requerirá dos analistas, el cual será programado como reemplazante vacacional eliminando por completo las horas extras en el resto de laboratorios, siendo una gran oportunidad de ahorro para el laboratorio.

En el gráfico siguiente se muestra el comportamiento de los tiempos requeridos de ensayo y el tiempo disponible con solo dos analistas.

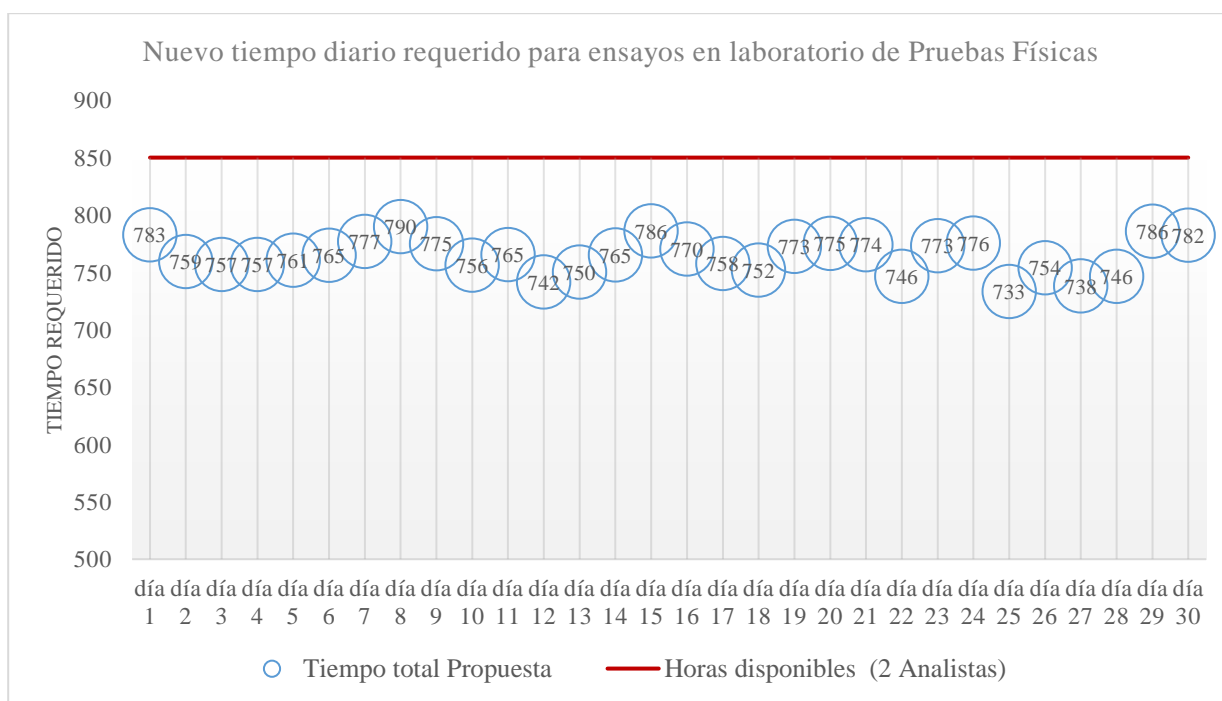


Figura 32: Nuevo tiempo requerido vs tiempo disponible con 02 analistas

Se evalúa nuevamente la eficiencia del laboratorio, teniendo un incremento de 17,5%, teniendo aún margen de programar otro tipo de ensayos como parte de investigación del laboratorio.

Tabla 38: *Nuevo cálculo de eficiencia y productividad del laboratorio de Pruebas Físicas*

N° ensayos de molienda	641
N° ensayos de despacho	678
N° ensayos especiales	58
Total de ensayos	1377
Tiempo real utilizado	22925
Tiempo disponible	25500
Producción esperada	1532
Eficiencia	89,9%

Fuente: Elaboración propia.

Los cambios propuestos en este laboratorio permitirá una reorganización de los turnos de trabajo y de actividades en el resto de laboratorio.

4.2.2.1. Distribución de turnos de trabajo actual y propuesto

Como se indicó anteriormente, se requiere minimizar los costos por horas extras en todo el laboratorio, por lo tanto, se debe modificar la estructura actual de las actividades en todo el laboratorio, se evalúa la distribución actual de los turnos y el personal con los que cuenta el laboratorio en la actualidad, en total son 22 colaboradores, de los cuales, 2 son colaboradores están en la modalidad de intermediación laboral, que fueron solicitados como apoyo de otras áreas. En la tabla siguiente se muestran la distribución actual de los colaboradores del área.

Tabla 39: *Distribución actual de los Colaboradores en los Laboratorios*

Grupo	Proceso / Laboratorio	Req. Personal	Mes vacacional	Observaciones
1	Lab. Pruebas Físicas	1	Enero	
		1	Febrero	
		1	Marzo	
	Lab. Rayos FRX	1	Abril	
		1	Noviembre	Reemplaza a Lab. Químico en vacaciones
		1	Octubre	
	Lab. Físico de Procesos	1	Agosto	
		1	Junio	
		1	Julio	
	Lab. Químico	1	Mayo	
	Reemplazante vacacional grupo 1	1	Enero	Solo de Lab. de Procesos
Reemplazante día libre grupo 1	1	Setiembre	Solo QCX y procesos	
	Prep. de muestras para FRX (Manuprep)	1	Febrero	
		1		Colaborador contrata
		1		Colaborador contrata
	Muestreo de despacho de cemento y Cal	1	Marzo	
		1	Octubre	
		1	Agosto	
		1	Diciembre	Ensayos Especiales
	Lab. Carbón	1	Setiembre	
	Reemplazante vacacional grupo 2	1	Julio	
	Reemplazante día libre grupo 2	1	Abril	Manuprep y Muestreo

Total Colaboradores**22****Fuente:** Elaboración propia.

Con la disponibilidad del colaborador del laboratorio de pruebas físicas, producto de la propuesta anterior, se realiza una reorganización de la distribución actual de los laboratorios, teniendo como resultado que no es necesario el apoyo de colaboradores de intermediación laboral quienes deben retomar sus actividades anteriores en planta, reduciendo a 20 el total de colaboradores requeridos para cubrir todos los turnos del laboratorio, sin embargo, necesitamos un periodo de capacitación corto para colaboradores que serán programados en otras áreas. En la tabla siguiente se muestra la nueva distribución de los Colaboradores, quedando solo los 20 Colaboradores de contrato indefinido.

Tabla 40: Nueva distribución de los Colaboradores en los Laboratorios

Grupo	Proceso/ Laboratorio	Req. Personal	Mes vacacional	Observaciones
1	Lab. Pruebas Físicas	1	Enero	
		1	Marzo	
	Lab. Rayos FRX	1	Abril	
		1	Noviembre	
		1	Octubre	
	Lab. Físico de Procesos	1	Agosto	
		1	Junio	
		1	Julio	
	Lab. Químico	1	Mayo	
Reemplazante vacacional grupo 1	1	Febrero	Pendiente Capacitación	
Reemplazante día libre grupo 1	1	Setiembre	Lab Rayos X y Procesos	
2	Prep. de muestras para FRX (Manuprep)	1	Agosto	
		1	Febrero	
		1	Diciembre	
	Muestreo de despacho de cemento y Cal	1	Marzo	
		1	Octubre	
		1	Enero	
	Lab. Carbón	1	Setiembre	
	Reemplazante vacacional grupo 2	1	Julio	
	Reemplazante día libre grupo 2	1	Abril	Prep. Muestras y Muestreo

Total Colaboradores **20**

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Causa 03: Deficiente atención de validaciones de despacho

Como ya se indicó inicialmente, después del Control de Calidad estricto en el proceso de producción, también se realiza un control del producto final en el despacho, esto a fin de evitar algún tipo de incumplimiento de requisito, básicamente por los diferentes productos que se despachan en las líneas de envasado y que cambian las características según el tipo de producto.

Uno de estos controles es el que se realiza a los cementos no adicionados, la cual antes de ser envasado el producto pasa por una etapa de lavado de la línea y el requisito más probable de incumplimiento es el parámetro de LOI (pérdida por ignición), esto se debe a la adición de filler calizo al cemento, la cual varía en proporción según el tipo de cemento.

El filler calizo, es en realidad caliza molida finamente, la cual es adicionada al cemento para darle ciertas características de trabajabilidad. La caliza está compuesta principalmente por Carbonato de Calcio (CaCO_3) y en menor cantidad, de Carbonato de Magnesio.

La planta cuenta con equipos espectrómetros de rayos X, los cuales utilizan fluorescencia (FRX) y Difracción de rayos X (DRX). La fluorescencia de rayos X sirve para la detección de elementos y la difracción de rayos X sirve para la detección de cristales, es decir cristales como el CaCO_3 .

En los ensayos de cemento, el 75% de componentes se realiza con FRX y el 25% con DRX, Actualmente se analiza el CaCO_3 en los cementos y se toma en cuenta como valor referencial y no como un parámetro de control. Los tiempos de ensayo para el método clásico de Pérdida por ignición es de 75 minutos y del ensayo por DRX solo de 4,56 minutos

Se ha evaluado 482 ensayos de distintos cementos que contienen diferente proporción de caliza en su composición, obteniendo una buena correlación ($R^2 = 0,98$) entre los ensayos de LOI y los resultados DRX, esta es una oportunidad importante para afinar este ensayo y optimizar los tiempos de validación de los despachos de cementos no adicionados por DRX.

En el siguiente gráfico se muestra la correlación del ensayo de CaCO_3 y LOI para distintos tipos de cemento

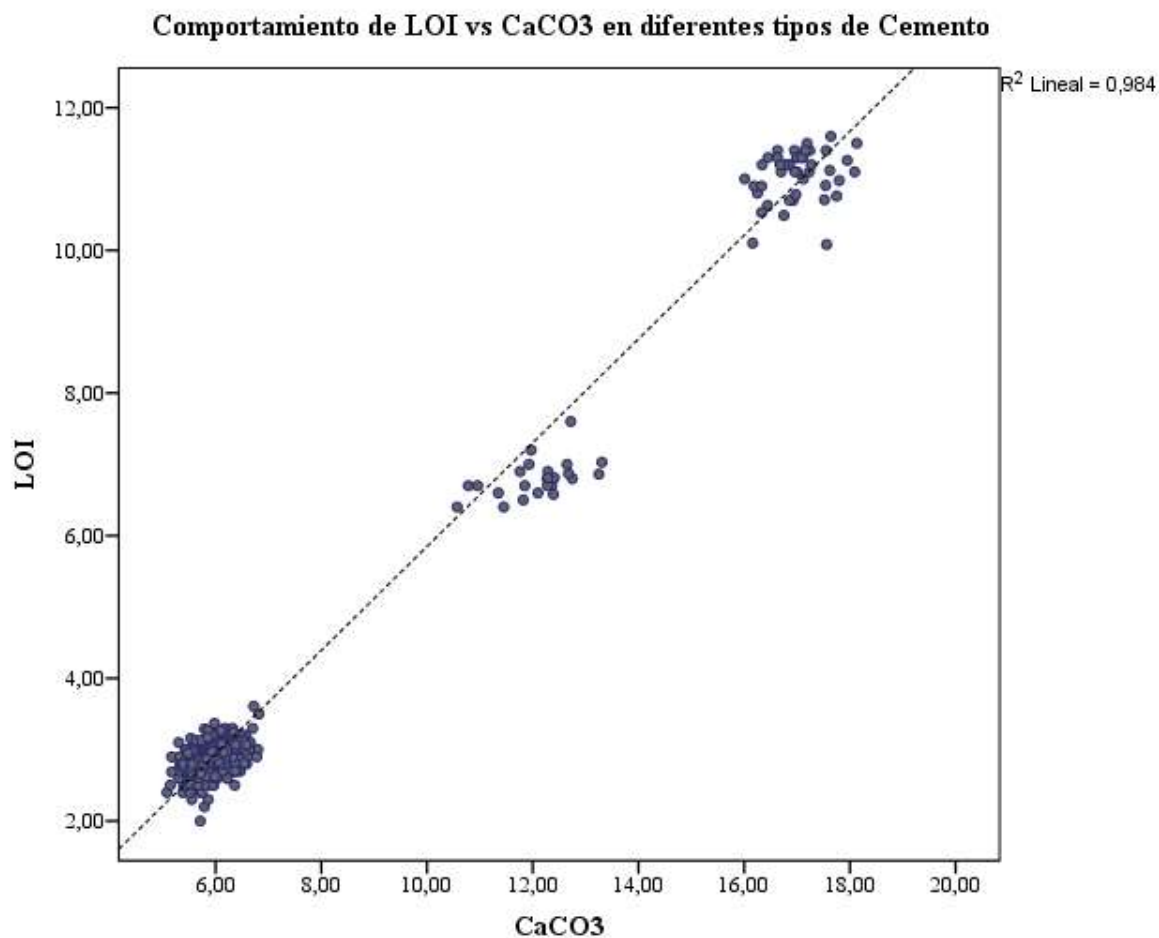


Figura 33: Correlación de LOI y CaCO3 de diferentes tipos de cemento

Fuente: Data del sistema de Sample Manager (Lims)

Actualmente el tiempo de validación para los cementos no adicionados es de 91,4, tiempo en que se tiene la línea de despacho está paralizada por espera del resultado de análisis por parte del área de Control de Calidad, siendo el ensayo de LOI el que más tiempo demanda para la ejecución. El flujo de actividades para la validación de los despacho se ha graficado en un mapa de flujo de valor, la cual se muestra a continuación.

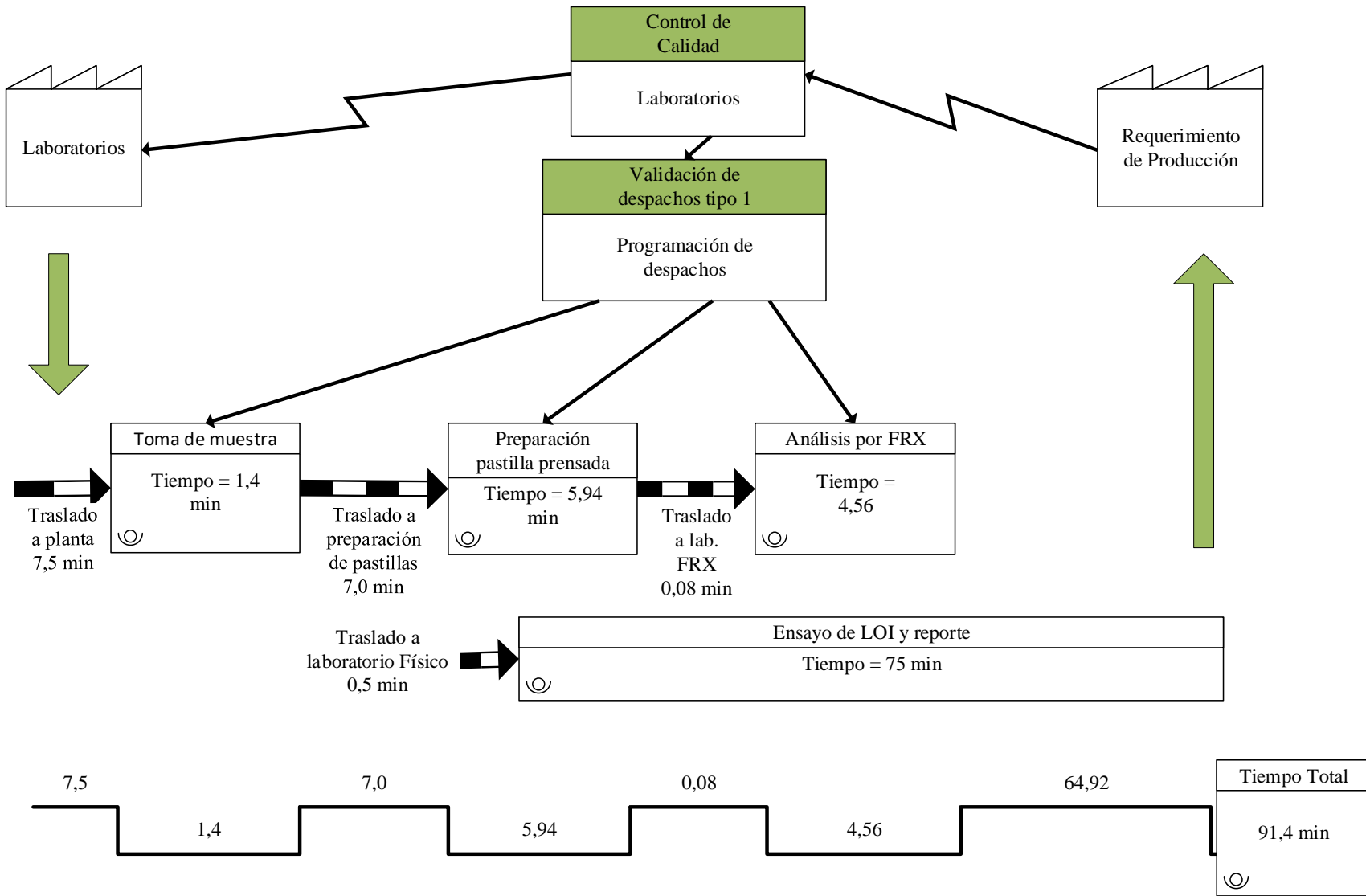


Figura 34: Mapa de flujo de valor para la validación de cemento no adicionado

Fuente: Elaboración propia

Evaluamos los datos de correlación anterior CaCO_3 vs LOI y nos centramos en los cementos no adicionados, en este caso, en el ensayo del contenido de LOI para el cemento tipo I, teniendo en cuenta que tiene un parámetro interno de 3,4 y requisito de norma de 3,5, se observa lo siguiente: de los 358 datos analizados, solo 1 dato incumple el parámetro interno de 3,4% , este dato tiene un valor de LOI de 3,5% y un valor de CaCO_3 de 6,82%, tomando esta referencia y establecemos un límite de control de 6.8% de CaCO_3 se tendría un cumplimiento del 100% del parámetro interno de LOI. Por esta razón, la propuesta para minimizar el tiempo de validación es implementar un parámetro de control para CaCO_3 y validar los despachos de cemento tipo I con el ensayo de CaCO_3 por DRX, trazando el método con ensayos termogravimétricos (TGA). El método instrumental de análisis de CaCO_3 por DRX requiere un método de referencia para lo cual se validará con el método termogravimétrico (TGA), validado el método, solo se deberá realizar controles diarios de verificación.

Actualmente solo se cuenta con un solo equipo TGA y se utiliza para el control de carbón, la propuesta del cambio de método de control tiene que ir de la mano con la adquisición de un nuevo equipo TGA, el cual permitirá mantener una referencia fiable del ensayo de CaCO_3 , además de ayudar con los ensayos de carbón y/o ensayos de investigación para optimizar procesos. En la figura siguiente se muestra el gráfico con los ensayos de CaCO_3 y LOI en el cemento tipo I.

Parámetro y requisito de LOI vs Propuesta de Control con CaCO₃- Cemento Tipo I

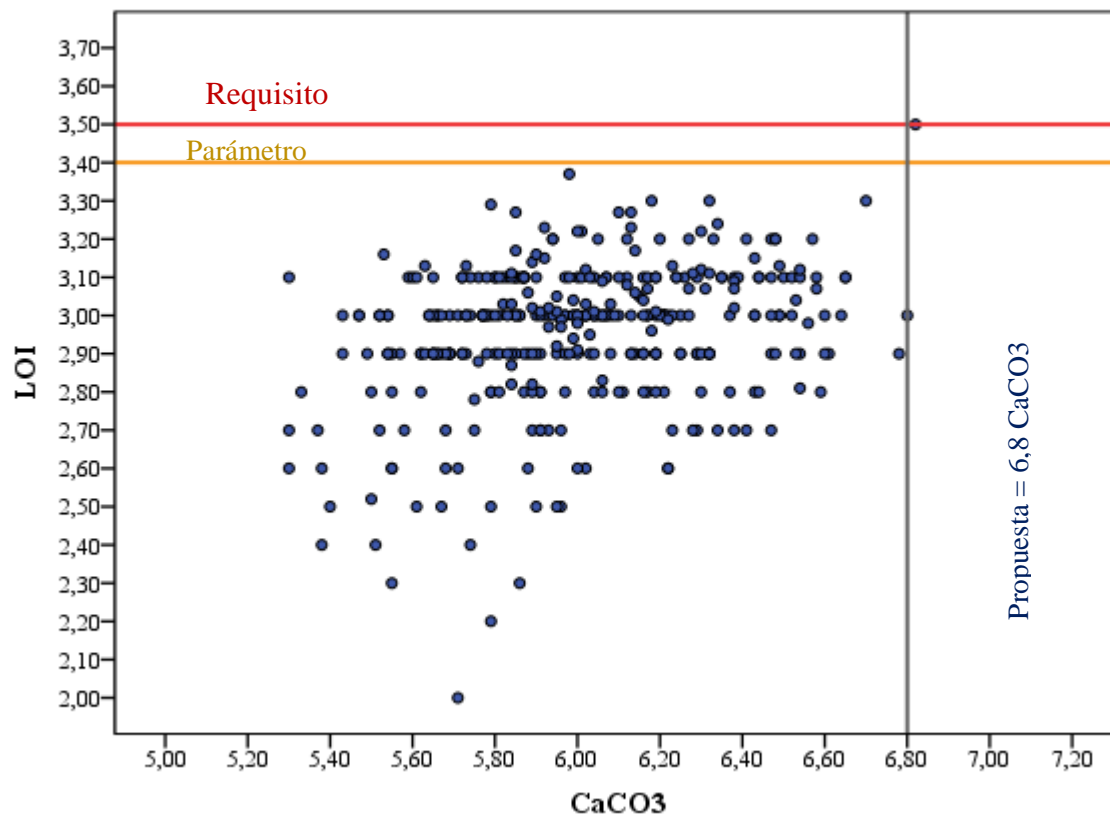


Figura 35: Propuesta de cambio de control con DRX, ensayo de CaCO₃ para cemento tipo I

Fuente: Data del sistema de Sample Manager (Lims)

Con la propuesta de cambiar el método de validación del LOI en los despachos de cemento tipo I, los tiempos de atención se reducen de 91,4 a 26,48 min, lo que equivale al 71%, esto permitirá el flujo más rápido del despacho y por ende disminución de los costos, además de aplicarlo en el control de la molienda sería una herramienta de gran apoyo para el control en este proceso, siempre y cuando se tenga el soporte del método de referencia. En la tabla siguiente se muestra la reducción del tiempo de validación para el despacho de cemento Tipo I

Tabla 41: Reducción del tiempo de validación para despachos de cemento tipo I

Reducción del tiempo de validación	
Descripción	Tiempo (min) % Variación
Tiempo de validación actual	91,4
Tiempo de validación propuesto	26,48
	71.0%

Con la aplicación de la propuesta el mapa de flujo de valor queda como se muestra en la figura siguiente.

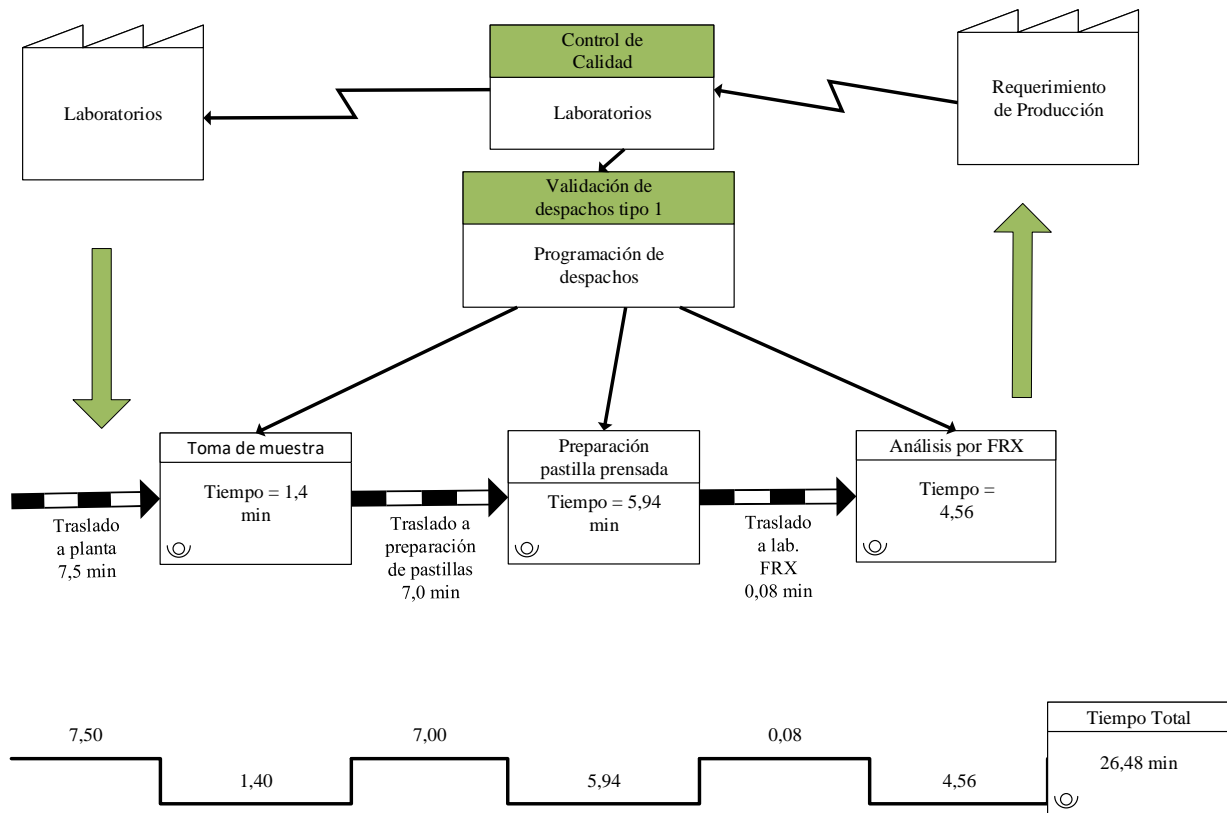


Figura 36: Nuevo mapa de flujo de valor con la propuesta

Fuente: Elaboración propia

4.3. Análisis Costo Beneficio

4.3.1. Causa 01: Plan estratégico de línea 4 sin ejecución

Para poner en marcha el incremento de producción en el laboratorio de preparación de muestras se requiere realizar el rediseño de este proceso, el cual implica el cambio en el material aglomerante, que tiene un costo anual de S/. 30 264, la cual supera al material aglomerante actual en S/. 7 173

Tabla 42: *Costo de material aglomerante*

Aglomerante	Costo (S/.)	Costo / tableta	Uso	Costo por Pastilla	Costo diario	Costo mensual	Costo anual
Cera micropulverizada	S/ 232,40		1	0,23	S/ 64	S/ 1 924	S/ 23 091
Grinding aid pellets HMPA40	S/ 304,59	0,06	5	0,30	S/ 84	S/ 2 522	S/ 30 264
Costo							S/ 7 173

La propuesta requiere un rediseño en la ubicación de los equipos y los ductos de succión, por lo cual se requiere esta modificación, la cual tiene un costo de S/. 6 440,00.

Tabla 43: *Costo de rediseño de ductos de succión y posición de equipos*

Descripción	Costo
Cambio de Posición de equipos de Preparación de Muestras	S/ 6 440

4.3.2. Causa 02: Ineficiente distribución de carga laboral

El número de colaboradores la inicio del estudio es de 22 personas, por la cual la empresa realiza un pago anual de planilla de S/. 1 373 045 sin contabilizar las horas extras. Este es un punto de partida para el planteamiento del rediseño de las actividades en el laboratorio.

Tabla 44: Costo actual de pago de colaboradores de Control de Calidad- Empleados y Obreros

Categoría	Tipo de Trabajador	Sueldo Básico	Quinquenio
ASISTENTE	Empleados	4 534,00	1 360,20
ASISTENTE	Empleados	4 723,99	1 417,20
ASISTENTE	Empleados	4 534,00	453,40
ASISTENTE	Empleados	4 534,00	1 133,50
ASISTENTE	Empleados	4 168,35	472,40
ASISTENTE	Empleados	4 692,00	469,20
ANALISTA	Empleados	4 705,09	235,25
JEFE	Empleados	6 163,57	308,18
SUPERINTENDENTE	Empleados	12 000,00	
AYUDANTE	Contrata	2 093,00	
AYUDANTE	Contrata	2 093,00	
Total		S/	60 090
Categoría	Tipo de Trabajador	Sueldo Básico	Quinquenio
AYUDANTE	Obreros	125,16	425,52
AYUDANTE	Obreros	125,16	425,52
AYUDANTE	Obreros	125,16	425,52
AYUDANTE	Obreros	125,16	212,76
AYUDANTE	Obreros	125,16	212,76
AYUDANTE	Obreros	125,16	212,76
OPERARIO 2DA	Obreros	127,35	432,99
OPERARIO 2DA	Obreros	127,35	432,99
OPERARIO 2DA	Obreros	127,35	432,99
OPERARIO 2DA	Obreros	127,35	432,99
OPERARIO 2DA	Obreros	127,35	432,99
OPERARIO 1RA	Obreros	128,84	438,03
OFICIAL 2DA	Obreros	130,78	392,34
Total		S/	54 330
Total Mensual		S/	114 420
Total anual		S/	1 373 045

La propuesta considera la reducción de horas extras y el rediseños de las actividades del laboratorio, la cual no considera al personal de contrata, este costo se reduce a un costo anual de S/. 1 322 813

Tabla 45: Costo propuesto de pago de colaboradores de Control de Calidad- Empleados y Obreros

Categoría	Tipo de Trabajador	Sueldo Básico	Quinquenio
ASISTENTE	Empleados	4 534,00	1 360,20
ASISTENTE	Empleados	4 723,99	1 417,20
ASISTENTE	Empleados	4 534,00	453,40
ASISTENTE	Empleados	4 534,00	1 133,50
ASISTENTE	Empleados	4 168,35	472,40
ASISTENTE	Empleados	4 692,00	469,20
ANALISTA	Empleados	4 705,09	235,25
JEFE	Empleados	6 163,57	308,18
SUPERINTENDENTE	Empleados	12 000,00	
Total		S/	55 904
Categoría	Tipo de Trabajador	Sueldo Básico	Quinquenio
AYUDANTE	Obreros	125,16	425,52
AYUDANTE	Obreros	125,16	425,52
AYUDANTE	Obreros	125,16	425,52
AYUDANTE	Obreros	125,16	212,76
AYUDANTE	Obreros	125,16	212,76
AYUDANTE	Obreros	125,16	212,76
OPERARIO 2DA	Obreros	127,35	432,99
OPERARIO 2DA	Obreros	127,35	432,99
OPERARIO 2DA	Obreros	127,35	432,99
OPERARIO 2DA	Obreros	127,35	432,99
OPERARIO 2DA	Obreros	127,35	432,99
OPERARIO 1RA	Obreros	128,84	438,03
OFICIAL 2DA	Obreros	130,78	392,34
Total		S/	54 330
Total Mensual		S/	110 234
Total anual		S/	1 322 813

Según la propuesta las horas extras se minimizan, sin embargo, hay ensayos especiales y verificaciones que se deben realizar en el transcurso del año. El costo actual del pago de horas extras en el área de Control de Calidad es de S/.67 064 y el costo de horas extras con la propuesta se reduce a S/. 6 576

Costo Horas Extras laboratorio - Actual		
Anual	S/	67 064

Tabla 47: Costo de horas extras con la propuesta

	Frecuencia	Costo diario	Hora extra 25%	Costo por Hora Extra	Horas programadas	Costo Anual
Trabajos especiales	Anual					
Índice de Bond	6	125,16	31,29	19,56	12	S/ 1 408
Muestreo Carbón	2	125,16	31,29	19,56	12	S/ 469
Calibraciones FRX	12	156,84	39,21	24,51	8	S/ 2 353
Verificación y Calibración interna	12	156,40	39,1	24,44	8	S/ 2 346
Total costo Anual						S/ 6 576

4.3.3. Causa 03: Deficiente atención de validaciones de despacho

Para la implementación de esta propuesta calcula las pérdidas por las demoras en la espera de validación de los despachos, para los cual se toma en cuenta la capacidad real por minuto de la máquina de embolsar por el número de lavados por el tiempo promedio de la demora en la atención por el costo bruto por bolsa, dando un costo anual de S/. 6 193 758

Tabla 48: Costo actual por espera de validación de los despachos

Cálculo de pérdidas por espera de validaciones		
Capacidad nominal	1850	bolsas/h
Disponibilidad real	1573,5	bolsas/h
Capacidad por minuto	26	bolsas/min

Mes	N° Lavados	Demora	Capacidad	Costo por bolsa	Costo mensual por espera de validación	Costo anual
		en el tiempo de atención	real de la Máquina de embolsado (Bolsas/ min)			
dic-19	21	91,4	26	8,5	S/ 427 858	
ene-20	24	91,4	26	8,5	S/ 488 981	
feb-20	31	91,4	26	8,5	S/ 631 600	
Promedio					S/ 516 146	S/ 6 193 758

Con la implementación de la propuesta el costo de la demora en la atención de las validaciones se reduce a S/. 1 794 428, sin embargo estamos considerando para fines de la investigación solo el ahorro efectivo del 10%, lo que equivale a S/. 439 933

Tabla 49: Costo por espera de validación de los despachos con la propuesta

Mes	N° Lavados	Demora	Capacidad	Costo por bolsa	Costo mensual por espera de validación	Costo anual
		en el tiempo de atención	real de la Máquina de embolsado (Bolsas/ min)			
dic-19	21	26,48	26	8,5	S/ 123 957	
ene-20	24	26,48	26	8,5	S/ 141 665	
feb-20	31	26,48	26	8,5	S/ 182 984	
Promedio					S/ 149 536	S/ 1 794 428
Ahorro anual			S/ 4 399 330	10%	S/ 439 933	

Para la implementación de la propuesta se requiere la compra de un equipo termogravimétrico (TGA) para el control del ensayo propuesto, el costo del equipo asciende a S/. 210 918 al cual se aplica una depreciación anual del 10%, con un costo de S/. 21 092.

Tabla 50: *Costo de compra de equipo TGA*

Descripción	Costo	Vu	dep. anual
Compra de Equipo Termogravimétrico (TGA)	S/ 210 918	10%	21 092

El costo por ensayo se calcula de la siguiente manera: costo total del laboratorio anual dividido entre el número de ensayos anuales, lo que equivale a un costo por ensayo de S/. 145,08 con un costo anual de S/. 52 229, finalmente el costo total del laboratorio con el nuevo ensayo asciende a S/. 5741 451

Tabla 51: *Costo por nuevo ensayo*

Descripción	Costo inicial	Costo anual	Costo Mensual	Costo anual	Costo anual final
Costo Total de lab. 2019	S/ 5 689 222				S/ 5 741 451
Número de ensayos 2019		39 214			
Costo por ensayo	S/ 145,08		S/ 4 352	S/ 52 229	

Los logros del rediseño de procesos en laboratorio de resumen en la siguiente tabla, donde se observa que tenemos una reducción de costos en el laboratorio de S/. 602 883, lo que equivale al 10,60% de los costos del laboratorio.

Tabla 52: Resumen de propuestas**Causa 1**

Descripción	Cálculo Inicial	Cálculo Propuesta	Corrida en Arena	%Variación	%Variación Arena
Pastillas Programadas (pastillas /día)	328	328	328		
Producción de pastillas real	256	256	256		
Producción de pastillas calculado	276	335	334	30,72%	30,47%
Eficiencia	77,97%	101,93%	101,73%	23,95%	23,76%

Causa 2

Descripción	Cálculo Inicial	Cálculo Propuesta	%Variación
Ensayos	1547	1377	10,99%
Eficiencia	72,40%	89,90%	17,50%

Descripción	Costo inicial	Costo Propuesta	Reducción de Costo	%Variación
Horas Extras	S/ 67 064,33	S/ 6 575,95	S/ 60 488	90,19%
Planillas	S/ 1 373 045	S/ 1 322 813	S/ 50 232	3,66%

Causa 3

Descripción	Actual	Propuesto	%Variación
Tiempo de validación	91,4	26,48	71%
Perdidas por esperas	S/ 6 193 758	S/ 1 794 428	S/ 4 399 330
Reducción de Costo 10%			S/ 439 933
Reducción de Costo Total			S/ 602 883
Porcentaje			10,60%

4.3.4. Evaluación de indicadores

El laboratorio de Control de Calidad por ser un área de soporte no genera ingresos propios por servicios de ensayos, tal como lo realiza un laboratorio externo, en nuestro caso, y para fines del proyecto el costo del laboratorio se considera como ingreso.

Finalmente para realizar nuestro cuadro de estado de resultados del proyecto se realiza un resumen de todos los beneficios del proyecto, la cual se considera como ingreso del proyecto

Tabla 53: *Ingresos del laboratorio con la propuesta*

Descripción	Costo	
Ensayo de laboratorio	S/	5 741 451
Reducción de horas extras	S/	60 488
Redistribución de personal	S/	50 232
Reducción de tiempo en espera de validaciones	S/	439 933
	S/	6 292 105

De igual manera, se consolida los gastos de la propuesta, la cual tiene un costo anual de S/ 1 336 561

Tabla 54: *Resumen de gastos de laboratorio más la propuesta*

Descripción	Costo	
Mano de obra	S/	1 322 813
Costo por uso de aglomerante	S/	7 173
Consumibles	S/	240 581
Pago de horas extras	S/	6 576
Gastos	S/	1 577 142

Tabla 55: *Flujo de caja e indicadores económicos*

EERR	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/. 6 292 105	S/. 6 292 105	S/. 6 292 105	S/. 6 292 105	S/. 6 292 105
Costos de Operación		S/. 4 418 639	S/. 4 418 639	S/. 4 418 639	S/. 4 418 639	S/. 4 418 639
Depreciación		S/. 21 092	S/. 21 092	S/. 21 092	S/. 21 092	S/. 21 092
U. Bruta		S/. 1 852 374	S/. 1 852 374	S/. 1 852 374	S/. 1 852 374	S/. 1 852 374
Gastos		S/. 1 577 142	S/. 1 577 142	S/. 1 577 142	S/. 1 577 142	S/. 1 577 142
U. antes de imp		S/. 275 232	S/. 275 232	S/. 275 232	S/. 275 232	S/. 275 232
Imp		S/. 81 193	S/. 81 193	S/. 81 193	S/. 81 193	S/. 81 193
U. después						
Impuesto		S/. 194 038	S/. 194 038	S/. 194 038	S/. 194 038	S/. 194 038
Participación utilidades		S/ 19 404	S/ 19 404	S/ 19 404	S/ 19 404	S/ 19 404
U. neta		S/. 174 635	S/. 174 635	S/. 174 635	S/. 174 635	S/. 174 635

FLUJO DE CAJA

U. después		S/. 174 635	S/. 174 635	S/. 174 635	S/. 174 635	S/. 174 635
Impuesto						
depreciación		S/. 21 092	S/. 21 092	S/. 21 092	S/. 21 092	S/. 21 092
FNE	S/. -217 358	S/. 195 726	S/. 195 726	S/. 195 726	S/. 195 726	S/. 195 726

COK: 20%

VAN: 367 984

TIR: 86%

PAYBACK: 1,86 años

Como resultado de esta evaluación se obtuvo un VAN de S/ 367 984, un TIR de S/86% y un PAYBACK de 1,86 años.

Según estos resultados se realizó el siguiente análisis:

Valor Actual Neto (VAN): S/ 367 984 es la diferencia entre los ingresos actualizados y los gastos actualizados, además de la inversión inicial, siendo el resultado positivo, se recomienda la ejecución del proyecto.

Tasa Interna de Retorno (TIR): S/86% es mayor que la tasa de referencia del 20%, por lo tanto, se considera que el proyecto es muy rentable.

Periodo de Recuperación (PAYBACK): 1,86 años, la inversión realizada se recuperará en 1 año y 14 días.

V. CONCLUSIONES

- Según el diagnóstico inicial de los procesos de laboratorio, se concluye que son 3 causas raíces que influyen en el incremento de costos de laboratorio, determinado que la carga laboral se incrementa en 55,96% incrementando los costos en 39, 5% por pago de horas extras y personal de apoyo, además los costos en la demora de la atención de las validaciones de despacho ascienden a S/ 439 933 mensuales.
- Se concluye que las herramientas de Lean manufacturíng y el modelamiento de procesos industriales aplicada al rediseño de procesos de laboratorio logra mejoras importante que ayudan a reducir los costos del laboratorio; en la causa 1, se logró el incremento del 30,7% en la producción de pastillas prensadas y 23,9% en la eficiencia del laboratorio de rayos X, esto a consecuencia de la reducción de tiempos de 26% en las etapas de pulverizado y prensado y 50% en la etapa de pesado, se valida este cálculo aplicado con la simulación de procesos industriales utilizando el software Arena, obteniendo resultados similares; por otra parte, como resultados de la causa 2, se incrementó la eficiencia en el laboratorio de pruebas físicas en 17, 5% y se logró reducir la horas extras de todo el laboratorio en 90,19% y el costos por personal de apoyo en 3.66%; como resultado de la causa 3, el tiempo de atención de las validaciones de despacho se redujo en 71% lo que genera un ahorro importante para la empresa y para el laboratorio.
- Se determina los beneficios económicos de la propuesta a través de la evaluación de los indicadores económicos, obteniendo un VAN de S/ 367 984, un TIR de S/86% y un PAYBACK de 1,86 años, concluyendo que el rediseño de procesos en laboratorio es viable.
- Finalmente se concluye que el costo del laboratorio se reduce en un 10,6%, cumpliendo el objetivo general propuesto.

VI. RECOMENDACIONES

- Para la ejecución del plan estratégico que contempla la instalación de la línea 04, se recomienda evaluar la distribución correcta de equipos de preparación de muestras y evitar movimientos innecesarios del operador que disminuyen la productividad, además se debe evaluar el uso de aglomerante en pastillas que es una muy buena opción para minimizar variaciones por pesado de material en polvo, como es el la actualidad, además el uso de pastilla de material aglomerante ayuda a mantener más limpio el equipo de pesado.
- Como parte de un mejor de un mejor desempeño del personal, se recomienda realizar la rotación del personal en todos los laboratorios a fin de lograr la polifuncionalidad de los colaboradores y tener mayor información para el aprovechamiento de habilidades. Una nivelación de puestos también sería importante, sobre todos a los que aún conservan puestos de ayudantes, esto incentiva y logra mayor compromiso de los colaboradores con el área.
- Hasta tener aprobación de presupuesto para inversiones, se recomienda realizar otro tipo de estudios para reducir el tiempo de atención de las validaciones, como por ejemplo, evaluar el tiempo óptimo para el ensayo de LOI, según la NTP 334.086 el ensayo es hasta peso constante y según procedimiento está establecido en 45 minutos, este estudio puede ayudar a reducir el tiempo de calcinación y lograr una reducción importante del tempo de validación de despacho, sin embargo, la puesta en marcha de la propuesta elimina por completo el ensayo de LOI y lo cambia solo por ensayo de CaCO₃ por difracción de rayos X.

VII. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] BCRP, «MEMORIA 2018,» 2018.
- [2] BCRP, «III Trimestre 2019,» 2019.
- [3] ASOCEM, «Reporte estadístico 2019».
- [4] M. T. I. K. Fernández J, *APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN UN LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS*, Argentina, 2012.
- [5] G. L., “*Propuesta de implementación de Lean Manufacturing para disminuir los costos operativos en la línea de proceso de arándano fresco en la empresa Camposol S.A.*”, Trujillo-Perú, 2018.
- [6] M. A., *Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera*, Lima-Perú, 2016.
- [7] E. J. Galvez, *Mejoramiento de la productividad en una empresa de confección sartorial a través de la aplicación de ingeniería de métodos*, Lima, 2017.
- [8] L. C. P. Acero, *Ingeniería de métodos movimientos y tiempos*, Bogotá: Ecoe Ediciones, 2016.
- [9] A. V. i. Juan Carlos H, *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*, Madrid, 2013.
- [10] L. Cuatrecasas Arbós, *Gestión del mantenimiento de los Equipos Productivos*, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2012.
- [11] O. Vásquez Gervasi, *Ingeniería de Metodos: Apuntes de Estudio*, Chiclayo: Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, 2012.
- [12] CENTRUM, «SECTOR CEMENTERO EN EL PERU,» 2010.
- [13] INACAL, *Cementos : Definiciones y nomenclatura*, lima, 2011.
- [14] O. García Palencia, *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial: Principios Fundamentales*, Ediciones de la U, 2012.
- [15] S. García Garrido, *Organización y Gestión del Mantenimiento*, España: Díaz de Santos, S.A., 2003.
- [16] F. J. González Fernandez, *Teoría y Práctica del mantenimiento Industrial Avanzado*, Madrid: Fundación Confemetal, 2010.
- [17] M. A. Gonzales Alvarado, «Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Aplicado al Sistema Hidráulico de la Planta Generadora Huaji de Cobee,» *Journal Boliviano de Ciencias*, vol. 11, n° 35, pp. 9 - 14, 2015.
- [18] W. Olarte C., B. A. Marcela y B. Cañon A., «Importancia del Mantenimiento Industrial dentro de los Procesos de Producción,» *Scientia et Technica*, vol. 16, n° 44, pp. 354 - 356 , 2010.

- [19] E. Dounce Villanueva, *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*, México: Patria, 2013.
- [20] M. C. Gasca, L. L. Camargo y B. Medina, «Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial,» *Información Tecnológica*, vol. 28, n° 4, pp. 111 - 124, 2017.
- [21] G. C. Jesus E., *Aplicación de manufactura esbelta para reducir costos por desperdicio en un proceso de corte de partes automotrices*, MEXICO, 2016.
- [22] N. M., *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los laboratorios pertenecientes a la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira*, Pereira- Colombia, 2018.
- [23] J. S. Manuel R., *Lean Manufacturing la evidencias de una necesidad*, Madrid: Albasanz, 2, 2010.
- [24] C. P. S.A.A. [En línea]. Available: <https://www.bvl.com.pe/eeff/CD0005/20190311181502/MECD00052018AIA01.PDF>. [Último acceso: 08 Setiembre 2019].
- [25] [En línea]. Available: <https://www.cementospacasmayo.com.pe>. [Último acceso: 08 Setiembre 2019].
- [26] G. Cement, 2017.
- [27] F. Vela García, *Propuesta de mejora en los procesos de producción para reducir los desperdicios en un laboratorio cosmético*, Lima, 2018.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Cálculo de pérdidas Fórmula:

Cálculo de pérdidas por espera de validaciones	
Capacidad nominal	1850 bolsas/h
Disponibilidad real	1573,5 bolsas/h
Capacidad por minuto	26 bolsas/min

Costo mensual por espera de validaciones - Actual

Mes	N° Lavados	Demora en el Tiempo de atención	Capacidad real de la Máquina de embolsado (Bolsas/ min)	Costo por bolsa	Costo mensual por espera de validación	Costo anual
dic-19	21	91,4	26	8,5	S/ 427 858	

<p>Pérdidas por demora en atención de validaciones = N° de lavados * tiempo de demora * capacidad de máquina * costo por bolsa</p>
--

Anexo 2: Data de costos de pago de horas extras y personal contrata 2017-2019

Análisis de Horas Extras Superintendencia Control de Calidad/Posición/Mes		
Superintendencia / Areas	Cant. HHEE	Costo total HHEE
2018		
Enero	253.50	8 749.44
Febrero	151.00	5 140.20
Marzo	221.50	7 232.96
Abril	396.70	12 241.98
Mayo	261.50	8 177.34
Junio	108.00	3 759.82
Julio	201.00	6 640.22
Agosto	411.50	12 661.67
Octubre	265.00	8 294.60
Noviembre	232.80	7 970.53
Diciembre	292.80	9 450.00
Setiembre	333.20	11 069.45
2019		
Enero	101.00	4 078.16
Febrero	133.50	5 210.78
Marzo	39.50	1 656.45
Abril	116.50	4 679.20
Mayo	142.00	5 462.58
Junio	179.20	6 344.42
Julio	191.70	6 999.55
Agosto	288.70	10 242.93
Octubre	279.65	10 218.96
Noviembre	92.50	4 036.14
Setiembre	177.50	6 116.16
2017		
Enero	135.00	4 194.51
Febrero	138.75	4 254.67
Marzo	394.50	10 331.90
Abril	361.00	10 128.35
Mayo	188.50	5 567.87
Junio	345.00	9 829.31
Julio	434.00	12 002.12
Agosto	314.75	9 176.33
Octubre	227.50	6 859.23
Noviembre	125.50	4 026.14
Diciembre	159.00	5 405.45
Setiembre	355.00	10 202.28
Total general	8 048.75	258 411.70

Cálculo costo pago Horas extras y personal contrata 2019

Promedio pago a personal contrata por mes	S/	4 958
Total pagado 2019 (15 meses) personal contrata	S/	74 372
Costo de horas extras 2019	S/	65 045
Costo HE + personal contrata 2019	S/	139 417

Consolidado costos horas extra más pagos a personal contrata 2017-2019

Año	Horas extras	Costo horas extras + personal Contrata	Costo personal Contrata	% Variación HE 2019-2018	% Variación costo 2019-2018
2017	3179	91978			
2018	3129	101388			
2019P	1742	139417	74372	44.33%	-37.5%

Anexo 3: Diagrama hombre máquina para muestras finas entregadas en laboratorio

DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA	
Proceso :	Preparación de pastillas para FRX- Muestras finas entregadas en laboratorio
Elaborado por :	Carlos Ramírez
Área :	Control de Calidad

Tiempo (s)		Operario		Balanza		Molino 1		Prensa 1		Molino 2		Prensa 2
10	x		x									
20	x		x									
30	x		x									
40	x		x									
50	x		x									
60	x		x									
70	x	Transp, prep disco M1										
80	x		x									
90	x		x									
100	x		x									
110	x		x									
120	x		x									
130	x		x									
140	x	Transp, prep disco M2										
150	x		x									
160	x		x									
170	x		x									
180	x		x									
190	x		x									
200	x		x									
210	x											
220	x											
230	x											
240	x											
250	x											
260	x											
270	x											
280	x	Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 1										
290	x											
300	x											
310	x	Transp, prep disco M1										
320	x											
330	x											
340	x											
350	x											
360	x											
370	x											
380	x											
390	x											
400	x											
410	x											
420	x											
430	x											
440	x											
450	x											
460	x											
470	x											
480	x											
490	x											
500	x											
510	x											
520	x											
530	x											
540	x											
550	x											
560	x											
570	x											
580	x											
590	x											
600	x											
		60		18		36		12		18		0

Resumen y Análisis de la información				
Tipo	Tiempo de Ciclo	Tiempo de Acción	Tiempo de Inactividad	% de utilización
Operario	600	600	0	100%
Balanza	600	180	420	30%
Molino 1	600	360	240	60%
Prensa 1	600	120	480	20%
Molino 2	600	180	420	30%
Prensa 2	600	0	600	0%

Anexo 4: Diagrama hombre máquina para muestras finas en planta

DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA	
Proceso :	Preparación de pastillas para FRX- Muestras finas tomadas en planta por Operador
Elaborado por :	Carlos Ramírez
Área :	Control de Calidad

Tiempo (s)		Operario	Balanza	Molino 1	Prensa 1	Molino 2	Prensa 2		
10	x								
20	x								
30	x	Traslado a planta							
40	x								
50	x								
60	x								
70	x	Toma de muestra							
80	x								
90	x								
100	x								
110	x								
120	x								
130	x	Traslado a laboratorio							
140	x								
150	x								
160	x								
170	x	Homogenizado y traslado a pesado							
180	x								
190	x								
200	x								
210	x								
220	x								
230	x	Pesado							
240	x		x	Pesado					
250	x		x						
260	x		x						
270	x		x						
280	x		x						
290	x	x							
300	x	Transp, prep disco M1							
310	x	Pesado	x	Pesado					
320	x		x		x				
330	x		x		x				
340	x		x		x				
350	x		x		x				
360	x		x		x				
370	x	Transp, prep disco M2							
380	x	Pesado	x	Pesado		x			
390	x		x		x		x		
400	x		x		x		x		
410	x		x		x		x		
420	x		x		x		x		
430	x		x		x		x		
440	x	Acondicionamiento de anillos				x			
450	x					x			
460	x					x			
470	x					x			
480	x	Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 1				x			
490	x					x			
500	x					x			
510	x					x			
520	x	Transp, prep disco M1				x			
530	x					x			
540	x					x			
550	x					x			
560	x					x			
570	x		Acondicionamiento de anillos						
580	x	Retiro, revisión, colocar en recipiente transp a RX							
590	x								
600	x	Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 2							
610	x								
620	x								
630	x								
640	x								
650	x								
660	x	Acondicionamiento de anillos							
670	x								
680	x								
690	x								
700	x	Retiro, revisión, colocar en recipiente transp a RX							
710	x	Acondicionamiento de anillos							
720	x								
730	x	Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 1							
740	x								

750	x											
760	x											
770	x											
780	x	Limpieza de campana					x	Prensado				
790	x						x					
800	x						x					
810	x						x					
820	x	Retiro, revisión, colocar en recipiente transp a RX										
830	x											
83			18	36			12		18			0

Resumen y Análisis de la información				
Tipo	Tiempo de Ciclo	Tiempo de Acción	Tiempo de Inactividad	% de utilización
Operario	830	830	0	100%
Balanza	830	180	650	22%
Molino 1	830	360	470	43%
Prensa 1	830	120	710	14%
Molino 2	830	180	650	22%
Prensa 2	830	0	830	0%

Diagrama hombre máquina para muestra gruesas en planta

DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA	
Proceso :	Preparación de pastillas para FRX- Muestras gruesas tomadas en planta por Operador
Elaborado por :	Carlos Ramírez
Área :	Control de Calidad

Tiempo (s)		Operario	Balanza	Molino 1	Prensa 1	Molino 2	Prensa 2	Chancadora 2	
10	x	Traslado a planta							
20	x								
30	x								
40	x								
50	x								
60	x	Toma de muestra							
70	x								
80	x								
90	x								
100	x								
110	x	Traslado a laboratorio							
120	x								
130	x								
140	x								
150	x								
160	x	Trit, transp.					x	Trituración	
170	x						x		
180	x						x		
190	x	Trit, transp.					x	Trituración	
200	x						x		
210	x	Trit, transp.					x	Trituración	
220	x						x		
230	x						x		
240	x	Trit, transp.					x	Trituración	
250	x						x		
260	x						x		
270	x						x		
280	x	Pesado 1	x	Pesado					
290	x				x				
300	x	Pesado 2	x	Pesado					
310	x				x				
320	x	Pesado3	x	Pesado					
330	x				x				
340	x	Transp, prep disco M1							
350	x	Transp, prep disco M2							
360			x	Pre pulv.		x	Pre pulv.		
370			x					x	
380	x	Trans, limpieza						x	
390	x								
400	x								
410	x	Transp, prep disco M1							
420	x	Trans, limpieza		x	Pre pulv.				
430	x			x					
440	x			x					
450	x	Trans, limpieza							
460	x								
470	x								
480	x	Pesado	x	Pesado					
490	x				x				
500	x				x				
510	x				x				
520	x				x				
530	x		x						
540	x	Transp, prep disco M1							
550	x	Pesado	x	Pesado					
560	x				x				
570	x				x				
580	x				x				
590	x				x				
600	x		x						
610	x	Transp, prep disco M2							
620	x	Pesado	x	Pesado					
630	x				x				
640	x				x				
650	x				x				
660	x				x				
670	x		x						
680	x	Acondicionamiento de anillos							
690	x			x					
700	x			x					
710	x			x					
720	x			x					
730	x	Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 1							
740	x								

Anexo 6: Nuevo diagrama hombre máquina para muestras finas entregadas en laboratorio

DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA	
Proceso :	Preparación de pastillas para FRX- Muestras finas entregadas en laboratorio
Elaborado por :	Carlos Ramírez
Area :	Control de Calidad

Tiempo (s)		Operario	Balanza	Molino 1	Prensa 1	Molino 2	Prensa 2
10	x						
20	x	Pesado	x				
30	x		x				
40	x	Transp, prep disco M1					
50	x		x				
60	x	Pesado	x				
70	x		x				
80	x	Transp, prep disco M2					
90	x						
100	x						
110	x						
120	x	Acondicionamiento de anillos					
130	x						
140	x						
150	x						
160	x						
170	x						
180	x	Pesado	x				
190	x		x				
200	x		x				
210	x	Pesado	x				
220	x		x				
230	x						
240	x						
250	x	Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 1					
260	x						
270	x						
280	x	Transp, prep disco M1					
290	x						
300	x						
310	x	Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 2					
320	x						
330	x						
340	x						
350	x	Retiro, revisión, colocar en recipiente transp a RX					
360	x						
370	x						
380	x						
390	x	Retiro, revisión, colocar en recipiente transp a RX					
400	x	Transp, prep disco M2					
410	x						
420	x	Pesado	x				
430	x		x				
440	x		x				
450	x	Acondicionamiento de anillos					
460	x						
470	x						
480	x						
490	x	Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 1					
500	x						
510	x						
520	x	Transp, prep disco M1					
530	x						
540	x	Acondicionamiento de anillos					
550	x						
560	x	Retiro, revisión, colocar en recipiente transp a RX					
570	x						
580	x						
590	x						
600	x						
610	x	Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 1					
620	x						
630	x						
640	x						
650	x	Acondicionamiento de anillos					
660	x						
670	x						
680	x	Retiro, revisión, colocar en recipiente transp a RX					
690	x						
700	x						
710	x						
720	x						
730	x	Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 1					
740	x						
750	x						
760	x						
770	x	Limpieza campana					
780	x						
790	x	Retiro, revisión, colocar en recipiente transp a RX					
800	x						

Resumen y Análisis de la información				
Tipo	Tiempo de Ciclo	Tiempo de Acción	Tiempo de Inactividad	% de utilización
Operario	800	800	0	100%
Balanza	800	150	650	19%
Molino 1	800	540	260	68%
Prensa 1	800	160	640	20%
Molino 2	800	360	440	45%
Prensa 2	800	40	760	5%

Anexo 7: Nuevo diagrama hombre máquina para muestras finas en planta

DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA	
Proceso :	Preparación de pastillas para FRX- Muestras finas tomadas en planta por Operador
Elaborado por :	Carlos Ramírez
Area :	Control de Calidad

Tiempo (s)	Operario	Balanza	Molino 1	Prensa 1	Molino 2	Prensa 2
10	x					
20	x					
30	x					
40	x					
50	x					
60	x					
70	x					
80	x					
90	x					
100	x					
110	x					
120	x					
130	x					
140	x					
150	x					
160	x					
170	x					
180	x					
190	x					
200	x					
210	x					
220	x					
230	x					
240	x	x				
250	x	x	Pesado			
260	x	x				
270	x					
280	x	x				
290	x	x	Pesado			
300	x	x				
310	x					
320	x				x	
330	x				x	
340	x				x	
350	x				x	
360	x				x	
370	x				x	
380	x				x	
390	x				x	
400	x	x			x	
410	x	x	Pesado		x	
420	x	x			x	
430	x	x			x	
440	x	x	Pesado		x	
450	x	x			x	
460	x				x	
470	x				x	
480	x				x	
490	x				x	
500	x					
510	x			x		
520	x		x			
530	x		x			
540	x		x			
550	x		x			
560	x		x			
570	x		x			x
580	x		x			x
590	x		x			x
600	x		x			x
610	x		x			
620	x		x			
630	x		x			
640	x	x				
650	x	x	Pesado			
660	x	x				
670	x					
680	x					
690	x					
700	x					
710	x					
720	x					
730	x					
740	x					
750	x			x		
760	x		x			
770	x		x			
780	x		x			
790	x		x			
800	x		x			
810	x		x			

Anexo 8: Nuevo diagrama hombre máquina para muestras gruesas en planta

DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA	
Proceso :	Preparación de pastillas para FRX- Muestras gruesas tomadas en planta por Operador
Elaborado por :	Carlos Ramírez
Area :	Control de Calidad

Tiempo (s)		Operario	Balanza	Molino 1	Prensa 1	Molino 2	Prensa 2	Chancadora 2		
10	x	Traslado a planta								
20	x									
30	x									
40	x									
50	x									
60	x	Toma de muestra								
70	x									
80	x									
90	x									
100	x									
110	x	Traslado a laboratorio								
120	x									
130	x									
140	x									
150	x									
160	x	Trit, transp.					x	Trituración		
170	x						x			
180	x						x			
190	x	Trit, transp.					x	Trituración		
200	x						x			
210	x	Trit, transp.					x	Trituración		
220	x						x			
230	x	Trit, transp.					x	Trituración		
240	x						x			
250	x						x			
260	x	Trit, transp.					x	Trituración		
270	x						x			
280	x	Pesado 1	x	Pesado						
290	x									
300	x	Pesado 2	x	Pesado						
310	x									
320	x	Pesado3	x	Pesado						
330	x									
340	x	Transp, prep disco M1								
350	x	Transp, prep disco M2								
360										
370										
380	x	Trans, limpieza								
390	x									
400	x									
410	x	Transp, prep disco M1								
420	x	Trans, limpieza								
430	x									
440	x									
450	x	Trans, limpieza								
460	x									
470	x									
480	x	Pesado	x	Pesado						
490	x									
500	x									
510	x	Transp, prep disco M1								
520	x	Pesado	x	Pesado						
530	x									
540	x									
550	x	Transp, prep disco M2								
560	x	Acondicionamiento de anillos								
570	x									
580	x									
590	x									
600	x									
610	x									
620	x									
630	x									
640	x		Pesado	x	Pesado					
650	x									
660	x									
670	x	Pesado	x	Pesado						
680	x									
690	x									
700	x	Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 1								
710	x									
720	x									
730	x									
740	x	Transp, prep disco M1								
750	x									
760	x		Transp, limpieza de disco, limpieza prensa 2							
770	x									
780	x									
790	x									
800	x									
810	x									

Anexo 9: Nuevo diagrama hombre máquina para muestras gruesas entregadas en laboratorio

DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA	
Proceso :	Preparación de pastillas para FRX- Muestras gruesas entregadas en laboratorio
Elaborado por :	Carlos Ramírez
Área :	Control de Calidad

Tiempo (s)		Operario	Balanza	Molino 1	Prensa 1	Molino 2	Prensa 2	Chancadora 1	Chancadora 2	
10	x	Recepción y triturado 1						x		
20	x							x		
30	x							x		
40	x							x		
50	x							x		
60	x							x		
70	x							x		
80	x							x		
90	x							x		
100	x								x	
110	x								x	
120	x								x	
130	x								x	
140	x								x	
150	x								x	
160	x								x	
170	x								x	
180	x								x	
190	x	Homogenizado y cuarteo								
200	x									
210	x									
220	x									
230	x	Recepción y triturado 1								
240	x							x		
250	x							x		
260	x							x		
270	x							x		
280	x							x		
290	x							x		
300	x							x		
310	x							x		
320	x							x		
330	x								x	
340	x								x	
350	x								x	
360	x								x	
370	x								x	
380	x								x	
390	x								x	
400	x								x	
410	x							x		
420	x	Homogenizado y cuarteo								
430	x									
440	x									
450	x									
460	x	Recepción y triturado 1								
470	x							x		
480	x							x		
490	x							x		
500	x							x		
510	x							x		
520	x							x		
530	x							x		
540	x							x		
550	x							x		
560	x								x	
570	x								x	
580	x								x	
590	x								x	
600	x								x	
610	x								x	
620	x								x	
630	x								x	
640	x							x		
650	x	Homogenizado y cuarteo								
660	x									
670	x									
680	x									
690	x	Transp.								
700	x									
710	x									
720	x	Pesado	x	Pesado						
730	x									
740	x									
750	x	Pesado	x	Pesado						
760	x									
770	x									
780	x	Transp, prep disco M2								
790	x					x	Pulverizado			

Anexo 10: Programación actual de pastillas prensadas en laboratorio de Manuprep

		Programación de pastillas Manuprep																									
Control de Calidad																											
Proceso	Punto de toma de Muestra	Material	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06	
Recepción de Materias Primas	Faja, plantaciones	Caliza Tipo I, V, Cal		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
	Almacenes de Materias Primas	Yeso						3																			
		Mineral de Hierro									3																
		Puzolana						1																			
		Escoria						1																			
		Carbón Antracita														10	10										
Carbón Bituminoso														1													
Molienda de carbón	Balanzas de Antracita				1									1								1					
	Molino de Carbón Bituminoso				1									1								1					
	Balanzas de Antracita				1									1								1					
	Molino de Carbón Bituminoso				1									1								1					
	Miag 1	Mix de carbón		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
Miag 2	Mix de carbón		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		
Molienda de Crudo	Balanzas de Molino de Crudo 1	Arena		1								1								1							
		Hierro		1								1								1							
		Caliza		1				1				1				1				1					1		
	Balanzas de Molino de Crudo 2	Arena		1								1								1							
		Hierro		1								1								1							
		Caliza		1				1				1				1				1					1		
	Molino 1	Crudo Tipo I y V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	
	Molino 2	Crudo Tipo I y V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	
	Alimentación al	Crudo Tipo I y V		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
	Alimentación al	Crudo Tipo I y V		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
Homogenización 1	Crudo Tipo I y V		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		
Clinkerización	Filtro Horno 2	Polvo Filtro		1								1								1							
	Filtro Horno 3	Polvo Filtro		1				1				1				1				1				1			
	Ciclón IV	Harina Caliente		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
	Ciclón IV	Harina Caliente		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
	Horno 2	Clinker Tipo I y V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Horno 3	Clinker Tipo I y V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Molienda de Cemento	Balanzas de Molino de Cemento	Caliza		1								1								1							
		YESO				1								1							1						
		Puzolana				1								1							1						
		Escoria				1								1							1						
		Clinker		1								1								1							
	Molino 4, 6 y 7	TIPO ICO,MS		1		1		1		1		1						1		1		1		1		1	
	TIPO ICO,MS		1		1		1		1		1						1		1		1		1		1		
	TIPO V, OPC, IL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1		
Envasado de Lavados	Cemento		1				1				1					1			1				1				
Producción de Cal	Filtro Horno 1 y Alimentación al	Polvo filtro	1									1															
		Caliza cal (25-12 mm)		1				1								1				1				1			
Total pastillas por hora			6	27	5	22	7	23	5	18	5	27	5	28	12	15	2	15	5	27	5	22	5	19	6	15	

Anexo 11 : Nueva programación balanceada de pastillas prensadas en laboratorio de Manuprep

		Programación de pastillas Manuprep balanceada																										
Control de Calidad																												
Proceso	Punto de toma de Muestra	Material	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06		
Recepción de Materias Primas	Faja, plantaciones	Caliza Tipo I, V, Cal		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		
	Almacenes de Materias Primas	Yeso							3																			
		Mineral de Hierro									3																	
		Puzolana					1																					
		Escoria					1																					
		Carbón Antracita														5	5	10										
Carbón Bituminoso														1														
Molienda de carbón	Balanzas de Molino de Carbón	Antracita				1								1								1						
		Bituminoso				1									1								1					
	Balanzas de Molino de Carbón	Antracita				1									1								1					
		Bituminoso				1									1									1				
	Miag 1	Mix de carbón		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
	Miag 2	Mix de carbón		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
Molienda de Crudo	Balanzas de Molino de Crudo 1	Arena		1								1								1								
		Hierro		1								1								1								
		Caliza		1				1				1					1			1					1			
	Balanzas de Molino de Crudo 2	Arena			1								1								1							
		Hierro			1								1								1							
		Caliza			1			1					1				1				1				1			
	Molino 1	Crudo Tipo I y V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Molino 2	Crudo Tipo I y V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Alimentación al	Crudo Tipo I y V	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
Alimentación al	Crudo Tipo I y V	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		
Homogenización 1	Crudo Tipo I y V	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		
Clinkerización	Filtro Horno 2	Polvo Filtro	1							1									1									
	Filtro Horno 3	Polvo Filtro	1				1			1					1				1				1					
	Ciclón IV	Harina Caliente	1			1	1			1	1			1	1			1	1			1	1			1		
	Ciclón IV	Harina Caliente	1			1	1			1	1			1	1			1	1			1	1			1		
	Horno 2	Clinker Tipo I y V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Horno 3	Clinker Tipo I y V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Molienda de Cemento	Balanzas de Molino de Cemento	Caliza			1								1							1								
		YESO					1								1								1					
		Puzolana					1								1								1					
		Escoria					1								1								1					
	Clinker			1									1							1								
	Molino 4, 6 y 7	TIPO ICO,MS		1		1		1		1		1							1		1		1		1		1	
TIPO ICO,MS			1		1		1		1		1							1		1		1		1		1		
TIPO V, OPC, IL		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Envasado de	Lavados	Cemento		1				1				1				1			1				1					
Producción de Cal	Filtro Horno 1 y	Polvo filtro	1																									
	Alimentación al	Caliza cal (25-12 mm)		1				1				1				1				1				1				
Total de pastillas por hora			13	15	13	16	16	14	11	15	12	15	13	12	16	14	15	12	12	15	13	16	14	14	8	12		