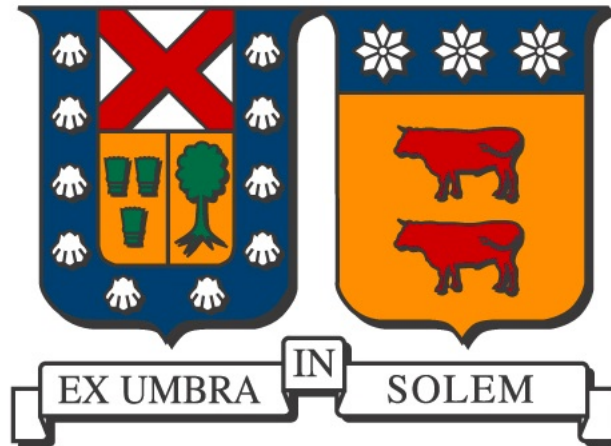


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARAÍSO-CHILE



PROPUESTA Y PLAN DE ACCIÓN PARA EL AUMENTO DE LA
PRODUCTIVIDAD TOTAL EN UNA ORGANIZACIÓN DEDICADA AL
MONTAJE Y SUMINISTRO DE CONJUNTOS HIDRÁULICOS

Gustavo Adolfo Seiffert Morales

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
MECÁNICO

Profesor referente: Rafael Mena Yanssen
Profesor correferente: Andrés Bregante Bacelli

29 de noviembre de 2019

*“El 90% del éxito se basa
simplemente en insistir”.*

Woody Allen

*Dedicado a
mi familia
por creer
en mí.*

Agradecimientos

Quiero agradecer a todo aquel que me ayudó, apoyó y guió en este proceso, sin ustedes esto no habría sido posible.

En primera instancia quiero agradecer a mi familia, con la cual siempre he contado y sentido el apoyo, mis dos padres, Ernesto y Soledad preocupados y presentes durante toda mi formación profesional y a mi hermano José por sus constantes consejos y sugerencias.

También, agradezco a Ángela por apoyarme en todo este proceso, logrando que todo esto sea mucho más expedito y comfortable.

Al profesor Andrés, que merece mención aparte, por su labor responsable, continuo y perseverante, que sin su ayuda el proceso no se habría logrado del mismo modo.

Agradecer a Marcela y Jaime por la hospitalidad, buena onda y paciencia durante toda esta etapa.

Finalmente, agradecer a mis amigos, los G8 por su amistad real, incondicional y duradera, a los mecs por ser un grupo unido y de confianza así, también, a todos los que conocí y que lograron que mi estadía en la universidad fuera un proceso agradable y valorado.

¡Muchas gracias a todos!

Resumen ejecutivo

La presente propuesta consta de un plan de acción para el módulo ensamble de bombas centrífugas, el cual por medio de un estudio de su estado actual logra identificar las actividades que agregan valor y las que no, identificándolas como pérdidas para, posteriormente, eliminarlas o minimizarlas según su necesidad.

La base metodológica de este trabajo fue diseñado y llevado a cabo en base a el ciclo de Deming (Planear, hacer, verificar, actuar), con el fin de darle una continuidad a la propuesta. Este método debe ser ejecutado reiteradamente, buscando mejoras en cada ciclo con el objetivo de avanzar hacia la excelencia operacional.

En el presente plan se abordan los principios más importantes relacionados con la ejecución de la propuesta, en donde se desarrollan temas vinculados a la administración de la producción, diferenciando sus componentes y analizándolos, pasando por la productividad y calidad total hasta las herramientas de organización que tienen las industrias para mejorar sus actividades.

Las mediciones se realizaron a los operadores, equipos y procesos, durante una jornada laboral, en el caso de operadores en distintas actividades, donde se les hizo seguimientos, encontrando que en promedio solo un 55 % del tiempo se realizan actividades que entregan valor al producto. Junto a esto, se complementa la propuesta con un completo análisis sobre el abastecimiento de los insumos al área de producción, delimitando su fecha, contenido, estado y propuestas de mejora para evitar las pérdidas generadas.

Durante el desarrollo, se detectaron 7 tipos de pérdidas abordadas por la propuesta, las cuales fueron: pérdidas por paradas planificadas, por averías en los procesos, por fabricación de productos defectuosos, por deficiencias en la gestión, por movimientos, por organización ineficiente en la línea y/o por falta de sistemas automáticos. para cada una de ellas se desarrollo un plan para su eliminación o reducción, mediante la implementación de equipos, cambios en la ubicación, nuevos *Layouts* y cambios en la gestión de actividades.

Esta propuesta logró optimizar el proceso, obteniendo un aumento en las actividades que agregan valor, que se estima que aumenta hasta llegar a un 80 %. Estos cambios se reflejan en los tiempos de proceso, que se reducen hasta en un 75 % en el desarrollo de equipos ensamblados de forma unitaria. En el caso de los equipos montados en paralelo, varía según su tipo entre un 33 % para los de eje libre y un 70 % para los equipos monoblock.

La aplicación de esta propuesta, bajo las condiciones de que exista una demanda suficiente para utilizar el 100 % de la capacidad propuesta del módulo se traduciría en un impacto económico real evaluado en USD 4.200.000 anuales respecto a una capacidad máxima del módulo actual, producto de las ventas de equipos provenientes del módulo ensamble de bombas centrífugas.

Abstract

The present project consists of an action plan for the centrifugal pump assembly module, which through a study of its actuality manages to identify the activities that add value and those that do not, identifying them as losses for later, eliminating or minimizing them according to their need.

The methodological basis of this work was designed and carried out based on the Deming cycle (Plan, do, check, act), in order to give continuity to the project. This method must be executed over and over again, seeking improvements in each cycle in order to reach operational excellence.

In this plan the most important principles related to the implementation of the project, where issues related develop the production management are addressed, distinguishing between its components and analyzing, through productivity and total quality to tools of organization that industries have to upgrade their activities.

The measurements were made to the operators, equipment and processes, during a working day, in the case of operators in different activities, where they were followed up, finding that on average only 55% of the time activities are carried out that deliver value to the product, in addition, the option is complemented with a complete analysis of the inputs to the production area, delimiting their date, content, status and improvement proposals to avoid the losses generated.

During the development, 7 types of losses addressed by the project were detected, which were: losses due to planned stops, due to process failures, manufacturing defective products, management deficiencies, movements, inefficient organization in the line and/or for lack of automatic systems. For each of them, a plan for its elimination or reduction was developed,, through the implementation of equipment, changes in location, new layouts and changes in activity management.

This proposal managed to optimize the process, obtaining an increase in activities that add value, which is estimated to increase to 80%. These changes are reflected in the process times, which are reduced by up to 75% in the development of unit assembled equipment. In the case of parallel-mounted equipment, it varies according to its type between 33% for free shaft and 70% for monoblock equipment.

The application of this project, under the conditions that there is sufficient demand to use 100% of the proposed capacity of the module would result in a real economic impact evaluated at USD 4,200,000 annually, as a result of the sales of equipment from the centrifugal pump assembly module.

Índice

Agradecimientos	II
Resumen ejecutivo	III
Abstract	IV
Índice de cuadros	VII
Índice de figuras	VIII
1. Introducción	1
2. Objetivo general	4
3. Objetivos específicos	4
4. Desarrollo objetivos específicos	4
5. Alcance	7
5.1. Actividades proceso ensamble de bombas centrífugas	7
5.2. Pérdidas en producción	7
5.3. Tipos de mediciones en el área	9
5.4. CRI	12
6. Marco teórico	13
6.1. Administración de la producción	13
6.2. Productividad	14
6.3. Gestión de la calidad	15
6.4. Organización de trabajo	17
6.5. Ciclo de deming	21
7. Desarrollo	23
7.1. Mediciones a operarios por jornada	24
7.2. Mediciones a operarios por actividad	30
7.3. Mediciones por equipo	36
7.4. Mediciones puntuales	44
7.5. CRI	48
8. Manejo y uso de equipos	50
8.1. Máquinas.	50
8.2. Herramientas	51
9. Identificación puntos críticos	52
9.1. Puntos críticos B-AC	53
9.2. Puntos críticos Monoblock	58
9.3. Puntos críticos B-FUN	60
9.4. Tiempos estimados	63

10. Evaluar la mejor ubicación para módulo bombas centrífugas	65
10.1. Situación actual	65
10.2. Ubicaciones propuestas	66
10.3. Selección ubicación	68
11. Mejorar flujo de proceso en el módulo	69
11.1. Proceso y Layout actual	69
11.2. Consideraciones flujo movimiento	70
11.3. Consideración ergonómicas	71
12. Realizar nuevo <i>Layout</i> del módulo	72
13. Consideraciones para evitar tiempos de retardo	76
14. Identificar nuevos equipos necesarios y sus costos	77
14.1. Equipos necesarios	77
14.2. Costos totales	82
15. Cuantificar mejora de productividad total en unidad monetaria	83
16. Evaluar impacto en otros módulos	86
17. Propuesta plan para continuar mejoras	87
18. Resultados y conclusiones para la empresa	88
19. Conclusiones	90
Referencias	93
Anexos	94

Índice de cuadros

1.	ACTIVIDADES EN EL ÁREA ENSAMBLE DE BOMBAS CENTRÍFUGAS	7
2.	TIPOS DE PÉRDIDA	8
3.	DEFINICIONES POR TIPO	10
4.	OPERADORES MÓDULO	23
5.	TIEMPOS JORNADA LABORAL OPERADOR 1.	24
6.	DISTANCIAS RECORRIDAS POR OPERADOR DENTRO DEL TALLER DE PRODUCCIÓN, MOVIMIENTOS QUE NO AGREGAN VALOR.	25
7.	TIEMPOS JORNADA LABORAL OPERADOR 2	27
8.	DISTANCIAS RECORRIDAS POR OPERADOR DENTRO DEL TALLER DE PRODUCCIÓN, MOVIMIENTOS QUE NO AGREGAN VALOR	28
9.	TIEMPOS OPERADOR 1 EN ACTIVIDADES	30
10.	TIEMPOS OPERADOR 2 EN ACTIVIDADES	31
11.	TIEMPOS OPERADOR 3 EN ACTIVIDADES	32
12.	TIEMPOS OPERADOR 4 EN ACTIVIDADES	33
13.	TIEMPOS ACTIVIDADES B-AC PEQUEÑA	37
14.	MOVIMIENTOS EQUIPO B-AC EN PRODUCCIÓN	38
15.	TIEMPOS ACTIVIDADES MONOBLOCK MEDIANA	39
16.	MOVIMIENTOS EQUIPO MONOBLOCK EN PRODUCCIÓN	40
17.	TIEMPOS ACTIVIDADES B-FUN GRANDE	41
18.	Movimientos equipo B-FUN en producción	42
19.	INGRESO COMPONENTES POR ESTADO	44
20.	INGRESO COMPONENTES POR FECHAS	45
21.	COMPOSICIÓN AL INGRESO COMPONENTES	46
22.	PROMEDIOS DE ACTIVIDADES EN MÓDULO	47
23.	CRI RECOLECTADOS EN PRODUCCIÓN	48
24.	TIEMPOS POR ACTIVIDAD B-AC	53
25.	TIEMPOS POR ACTIVIDAD FINAL B-AC	57
26.	TIEMPOS POR ACTIVIDAD MONOBLOCK	58
27.	TIEMPOS POR ACTIVIDAD FINAL MONOBLOCK	59
28.	TIEMPOS POR ACTIVIDAD B-FUN	60
29.	TIEMPOS POR ACTIVIDAD FINAL B-FUN GRANDE	62
30.	TIEMPOS POR EQUIPOS FINALES (SITUACIÓN 1 EQUIPO)	63
31.	TIEMPOS POR ÓRDENES DE TRABAJO FINALES(SITUACIÓN EQUIPOS EN PARALELO)	63
32.	TIEMPOS TRASLADOS EN Y FUERA DE MÓDULO POR EQUIPOS	65
33.	ÁREA EN METROS CUADRADOS OCUPADOS POR ENSAMBLE DE BOMBAS CENTRÍFUGAS	65
34.	ÁREA EN METROS CUADRADOS OCUPADOS POR CADA PROPUESTA	67
35.	TABLA RESUMEN SELECCIÓN UBICACIÓN	68
36.	TABLA RESUMEN ACTUALIDAD	69
37.	TIEMPOS FINALES ESTIMADOS	75
38.	MOVIMIENTOS FINALES	75
39.	TIEMPOS FINALES	75
40.	PRODUCCIÓN DE EQUIPOS POR TIPO	83
41.	PRODUCCIÓN ESTIMADA	84
42.	CARGA MENSUAL	84
43.	VALORES PROMEDIO POR EQUIPO	85
44.	Productividad total	85
45.	PÉRDIDAS ABORDADAS	88

Índice de figuras

1.	Grupo motobomba	2
2.	Bomba monoblock Fuente: Empresa	2
3.	Bombas eje libre Fuente: Empresa	3
4.	Factores influyentes en el proceso	13
5.	Causas pérdidas. Fuente: J. Carlos Prado [2000]	15
6.	Causas pérdidas. Fuente: J. Carlos Prado [2000]	16
7.	Reducción de costos. Fuente: The productivity development team [2002]	17
8.	Tipos de arreglos Fuente: The productivity development team [2002]	19
9.	Jornada laboral operador 1 [% Tiempos]	24
10.	Movimientos jornada laboral operador 1	25
11.	Movimientos operador 1. [% Movimientos]	25
12.	Jornada laboral operador 2 [% Tiempos]	27
13.	Movimientos jornada laboral operador 2	28
14.	Movimientos operador 2 [% Movimientos]	28
15.	Operador 1 en actividades. [% Tiempo]	30
16.	Operador 2 en actividades [% Tiempo]	31
17.	Operador 3 en actividades [% Tiempo]	32
18.	Operador 4 en actividades [% Tiempo]	33
19.	Verificación componentes	34
20.	Preparación base - Ensamble conjunto	34
21.	Armado	34
22.	B-AC pequeñas, tiempos	37
23.	Equipo B-AC movimientos %	38
24.	Monoblock mediana tiempos	39
25.	Equipo Monoblock movimientos %	40
26.	B-FUN grande, tiempos	41
27.	EQUIPO B-FUN MOVIMIENTOS %	42
28.	Estado de la orden al ingreso %	44
29.	Fecha de la orden al ingreso %	45
30.	Composición de la orden al ingreso %	46
31.	Diagrama Pareto CRI	48
32.	Diagrama puntos críticos	52
33.	Ejemplo tiempos para B-AC	63
34.	Tiempos actuales vs estimados por equipos en paralelo	64
35.	Distribución actual línea ensamble de bombas centrífugas	65
36.	Alternativa (a) distribución módulo ensamble de bombas centrífugas.	66
37.	Alternativa (b) distribución módulo ensamble de bombas centrífugas.	66
38.	Alternativa (c) distribución módulo ensamble de bombas centrífugas.	66
39.	Diagrama de proceso ensamble de bombas centrífugas	69
40.	<i>Layout</i> actual módulo ensamble de bombas centrífugas Fuente: Jefe de producción	69
41.	<i>Layout</i> propuesto Fuente: Jefe de producción	72
42.	<i>Layout</i> propuesto II	73
43.	<i>Layout</i> final	74
44.	<i>Layout</i> final con líneas de continuidad	76
45.	Grúa pluma	77
46.	lámpara de secado	77
47.	Pallet metálico	78

48.	Mesa elevadora	78
49.	Carro móvil	79
50.	Estación de trabajo	79
51.	Llave cinta	80
52.	Pistola neumática	80
53.	Carro de herramientas	81
54.	Cepillo de lavado	81
55.	Estación de lavado	82
56.	Apilador eléctrico	82
57.	Impacto aumento de actividades que agregan valor	89
58.	Evidencia puente grúa.	94
59.	Evidencia almacenamiento interno.	95
60.	Evidencia rectificado base.	96
61.	Diagrama espaguetti	97
62.	Evidencia máquina lavado.	98
63.	CRI recolectados en módulo ensamble de bombas centrífugas.	99
64.	Propuestas ubicación	102
65.	Bosquejo estación de trabajo	103
66.	Matriz competencias técnicas del personal de producción.	104
67.	Registro entrega herramientas.	105

1. Introducción

El presente trabajo corresponde a un proyecto realizado para filial chilena de una empresa alemana líder mundial en la fabricación de bombas y válvulas, fundada en 1871, dicha compañía está presente en todos los continentes y genera empleo a más de 16.000 personas.

Presente en Chile desde los años 60 y en 1994 se crea la filial local, la cual cuenta con más de 200 profesionales. Se ofrece una amplia gama de servicios y actividades desde el diseño de proyectos, adaptación de equipos especiales y producción de equipos a la medida, hasta servicios de post venta. Empresa que cuenta con 7 sucursales a lo largo del país.

La casa matriz de esta empresa y centro de producción de la misma, está en continua búsqueda de aumentar la productividad, en esta ocasión ampliar su área de producción en la casa matriz chilena, optando por una oportunidad de redistribución de los diferentes módulos que posee, buscando lograr una mayor continuidad en ellos y así cumplir su objetivo de mejorar la producción total. Por lo anterior, la empresa encarga la realización de un plan de acción que optimice de mejor manera los espacios y recursos en el módulo de ensamble de bombas centrífugas. Se designó el plan en este módulo, ya que representa aproximadamente un 55 % de la producción de la empresa.

El presente estudio abarca equipos de hasta 45 [kW], esto pues ellos representan un 93 % de los equipos del módulo ensamble de bombas centrífugas, entendiéndose que equipos de mayor tamaño pasarán a ser considerados equipos especiales, modificando su módulo de elaboración.

El plan considera en primera instancia identificar las pérdidas relacionadas al área, para posteriormente buscar la manera de minimizar la existencia de ellas, para esto se hará uso del ciclo de Deming, herramienta que se divide en 4 fases (Planificar, hacer, verificar y actuar), metodologías de mejora continua, en busca de avanzar hacia la calidad total.

La primera etapa consta de la planificación de la propuesta, en donde se evaluarán los alcances de este y las herramientas que se utilizarán para las siguientes etapas.

La segunda fase corresponde a hacer, en esta fase se realizan las mediciones de la situación actual, estas involucran aspectos temporales, movimientos y asignación de espacios.

La tercera etapa es de verificación, en donde se analizarán las pérdidas que se identificaron en las fases anteriores, estas pérdidas son estudiadas caso a caso, minimizando la existencia de ellas.

La cuarta fase es la etapa de actuar, esta etapa se divide en 2 procesos, el primero es efectuado en el presente plan, diseñando el módulo y las consideraciones que implica el cambio y el segundo proceso que es parte de la compañía para llevar a cabo el desarrollo del plan.

Es importante destacar que esta herramienta es un ciclo, por lo que la siguiente etapa es volver a planificar una segunda iteración del proceso, continuar las mejoras del módulo en busca de la excelencia operacional.

Para el desarrollo de la propuesta se ejecutará un plan piloto, el cual se seleccionará en base a la dificultad de implementación, costos y tiempos, esto para poder cuantificar y validar el impacto que se obtendrá posterior a la implementación de todo el plan de acción.

El módulo de ensamble de bombas centrífugas se refiere al área específica en donde se realizan tres tipos específicos de bombas, todas ellas son bombas tipo centrífugas:

Grupo motobomba

Un grupo motobomba es un conjunto de motor, bomba y base que permiten una alineación y correcto funcionamiento de los subconjuntos.

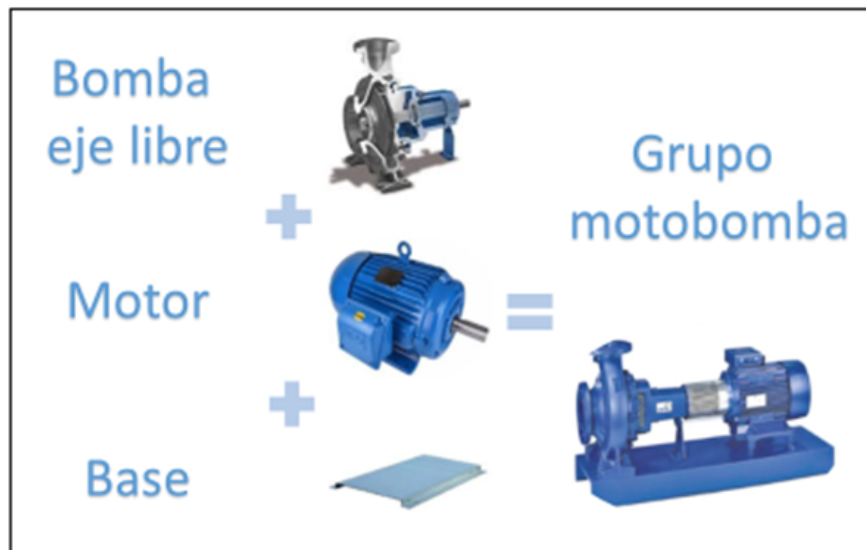


Figura 1: Grupo motobomba

En Chile, la empresa ofrece a los clientes la opción de adquirir los productos realizados en el módulo ensamble de bombas centrífugas como bomba eje libre o como grupo motobomba.

Bomba monoblock

Bomba de tipo horizontal, de una etapa, succión horizontal y descarga vertical, acoplada a motor eléctrico mediante un sistema monoblock. Caudal de hasta 200 [m³/h] y una potencia de hasta 45 [kW]. El equipo se ofrece en dos modalidades, con base o sin ella.



Figura 2: Bomba monoblock Fuente: Empresa

Bombas eje libre

Bomba de tipo horizontal, de una etapa, succión horizontal y descarga vertical, carcasa espiral que cumple los requisitos técnicos según ISO 5199, además de tener dimensiones y rendimiento según EN 22858/ ISO 2858 presenta una amplia gama con bombas de tamaño nominal DN 25, DN 200 y superior, caudal de hasta 1400 [m³/h] y una potencia de hasta 200 [kW]. La diferencia entre ellas radica en el material y su uso, la bomba eje libre de fundición su uso es agua pura y riego, mientras que la bomba eje libre acero inoxidable se ofrece en diversos materiales como acero inoxidable o bronce, esta se usa para procesos. Para efectos del estudio, la bomba de eje libre acero inoxidable será nombrada como B-AC y la bomba de eje libre de fundición como B-FUN.

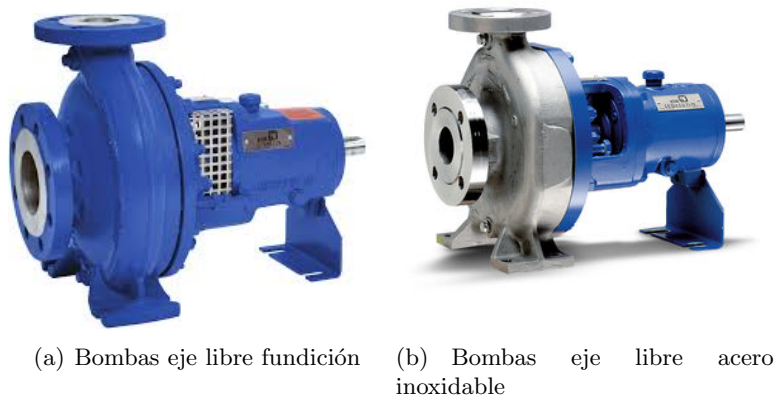


Figura 3: Bombas eje libre **Fuente: Empresa**

2. Objetivo general

Generar una propuesta y plan de acción para el aumento de la productividad total en el área de bombas centrífugas, para una organización dedicada al montaje de conjuntos hidráulicos, contemplando el análisis y estudio de sus actividades, equipos y procesos, para optimizar la asignación de valor, minimizar aquellas actividades imprescindibles de bajo aporte y eliminar las prescindibles, que no agregan valor.

3. Objetivos específicos

- Recopilar y analizar las actividades, tiempos, espacios y movimientos del área. (Puntos 5-7)
- Determinar las gestiones y puntos críticos del sistema que tengan impacto en la productividad de un módulo ensamble de bombas centrífugas. (Punto 8)
- Generar una propuesta de *Layout* y ubicación, que permita obtener mejoras para el proceso. (Puntos 9-13)
- Determinar y especificar los equipos, inversión y costos asociados a la propuesta. (Punto 13)
- Cuantificar la mejora en productividad total y evaluar el potencial impacto para otros módulos. (Puntos 14-15)
- Generar conclusiones y recomendaciones. (Puntos 16-17)

4. Desarrollo objetivos específicos

Recopilar y analizar las actividades, tiempos, espacios y movimientos del área:

Realizar línea base

Medición sobre situación actual del módulo, en donde se medirá la producción estándar y producción máxima, además de medir los tiempos de desarrollo y transporte que realiza un equipo en su elaboración, así como los tiempos y movimientos que utilizan los operarios en el desarrollo del equipo.

Estudiar tiempos y movimientos

Análisis realizado con la información recolectada en la línea base, donde se establecerán los tiempos para el desarrollo de una bomba en el módulo, diferenciando los cuatro tipos de estos:

- Tiempo de espera.
- Tiempo de proceso.
- Tiempo de transporte de un componente o conjunto.
- Tiempo de desplazamiento de operario.

Se identificaran, también, los tiempos y movimientos que agregan valor al equipo, los que no agregan valor, pero son necesarios y los que no agregan valor y no son necesarios para, posteriormente, buscar optimizar, minimizar y eliminar cada uno de ellos, respectivamente.

Evaluar manejo y uso de los equipos

Diferenciar los equipos de acuerdo a su uso, separándolos en:

- Uso diario.
- Uso Semanal.
- Uso Mensual.

De acuerdo a esto, evaluar la cercanía que tiene que tener cada uno de los equipos y herramientas respecto del módulo. Además, se buscará corroborar la estandarización de los procesos con un claro y correcto uso de equipos. Esta información se tomará en cuenta al momento de diseñar el *Layout* del módulo.

Determinar las gestiones y puntos críticos del sistema que tengan impacto en la productividad de un módulo ensamble de bombas centrífugas:

Identificar puntos críticos en módulo ensamble de bombas centrífugas

Se buscará identificar las zonas que producen una pérdida para el módulo, donde una pérdida puede ser vista como tiempo de espera, falla, transportes, falta de seguridad del operador o personal y calidad del producto. Se buscará detectar todos los puntos críticos y eliminarlos hasta que estos queden fuera del módulo y sean otras áreas responsables de estos.

Generar una propuesta de *Layout* y ubicación, que permita obtener mejoras para el proceso:

Evaluar la mejor ubicación para módulo ensamble de bombas centrífugas

Para poder evaluar la mejor ubicación se debe conocer los espacios disponibles, las relaciones que existen con diferentes áreas, las entradas y salidas, tanto de los insumos como de los productos terminados.

Mejorar flujo de proceso en módulo ensamble de bombas centrífugas

Una vez definida la ubicación se buscará lograr una gran continuidad en los procesos, evitando transportes innecesarios y dependencia de equipos de uso compartido con otras áreas y con ello mejorar la productividad total del proceso.

Realizar nuevo *Layout* del módulo

En este *Layout* se incorporará la nueva distribución de las distintas áreas que componen el módulo, además de los principales equipos, herramientas y las zonas designadas para cada una de ellas.

Consideraciones para evitar tiempos de retardo

Se re-analizará el diseño, buscando eliminar fallos y tiempos de espera, descubiertos en puntos anteriores.

Determinar y especificar los equipos, inversión y costos asociados a la propuesta:

Identificar nuevos equipos necesarios y costos asociados

Conforme a lo realizado en el punto “Identificar puntos críticos en módulo ensamble de bombas centrífugas” se indicarán, de ser necesarios, la compra de nuevas herramientas o equipos que mejoren la productividad, así como también, nuevos equipos que hayan sido identificados en el punto “Mejorar flujo de proceso en módulo ensamble de bombas centrífugas” que busquen lograr una mayor continuidad del proceso, se indicarán los costos de estos equipos y una justificación de ellos.

Cuantificar la mejora en productividad total y evaluar el potencial impacto para otros módulos:

Cuantificar mejora de productividad total en unidad monetaria

En base a la nueva productividad esperada y logrando una nueva cantidad máxima de bombas realizadas, se cuantificarán las ganancias monetarias que obtendrá la empresa con la nueva distribución del módulo.

Evaluar impacto en otros módulos

Se incorporará la relación con otros módulos, identificando qué áreas representan los nuevos puntos críticos para la producción ensamble de bombas centrífugas.

Generar conclusiones y recomendaciones:

Propuesta plan para la mejora continua

En este punto se entregará una lista de recomendaciones de acciones a seguir, para continuar mejorando la productividad total del módulo.

Conclusiones

En este punto se busca responder a los objetivos planteados, resumir las medidas tomadas e impactos de las actividades que ya se han realizado, además, hacer un análisis de la propuesta generada.

Este punto corresponde al inicio de la etapa planificación de la propuesta (P-h-v-a)

5. Alcance

Si bien se mencionó que la propuesta de plan de acción se realizará sobre el área ensamble de bombas centrífugas, existen diversos procesos dentro de esta línea que permiten la elaboración de un equipo, no todos ellos entrarán en el alcance de esta propuesta. [2]

5.1. Actividades proceso ensamble de bombas centrífugas

Las actividades que permiten la elaboración de un conjunto hidráulico en el área ensamble de bombas centrífugas son:

Actividad	En plan de acción
Almacenamiento externo	No considerada
Recepción, verificación y almacenamiento interno	Considerada
Mecanizado rodete y acople	No considerada
Armado	Considerada
Preparación base	Considerada
Ensamble conjunto (Si es que aplica)	Considerada
*Pintura	No considerada
Preparación para verificado	Considerada
Verificado	No considerada
Traslado a despacho	Considerada
Despacho	No considerada

**En pintura solo se analizará el tiempo secado, excluyendo cualquier otro tiempo.*

Cuadro 1: ACTIVIDADES EN EL ÁREA ENSAMBLE DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

5.2. Pérdidas en producción

“Pérdida es todo aquello que exceda la mínima cantidad de equipamiento, materiales, partes, espacio, y tiempo de las personas, absolutamente esenciales para agregar valor al producto”
Shoichiro Toyoda – Toyota Co. [10]

Como resultado de las mediciones se obtendrán tiempos y movimientos. A partir de estos, se hará un análisis para diferenciar cuáles entregan valor al producto y cuáles no entregan valor, estos por su parte serán divididos en, si son necesarios o no, para proceder a eliminar o minimizar dependiendo de cada caso.

Para dividir los tiempos de pérdida se hará uso de las 16 grandes pérdidas industriales, identificando cuáles de ellas tendrán un impacto directo en nuestro estudio y cuáles serán consideradas.

En este caso, se considerarán 7 pérdidas, las cuales serán mencionadas en el listado que se presentará a continuación, las cuáles tienen un impacto real que se buscará cuantificar y entregar una estrategia para minimizarlas o eliminarlas. Además, se dividirán en campos que serán: relacionadas con la efectividad de los equipos (1), con la mano de obra (2) o recursos de la producción (3).

Campo	Tipo de pérdida	Definición abreviada	En plan de acción
1	Pérdidas por paradas planificadas.	Paralización periódicamente programada, por limpieza, reuniones o descansos .	Considerada
	Pérdidas por cambio de producto y arranques.	Tiempo necesario para ajustar o preparar un equipo para su trabajo (Set-up).	No considerada
	Pérdidas por averías en equipamientos	Pérdidas producto de fallas o desgaste de las herramientas o equipos	No considerada
	Pérdidas por averías en los procesos	Pérdidas por paradas ajenas a los equipos, problemas en el proceso de producción	Considerada
	Pérdidas por ajustes y puesta a punto	Cambios no planificados de equipos que signifiquen la detención de la línea para reposición de ellos y tiempo de preparación para volver a actividad normal	No considerada
	Pérdidas por pequeñas paradas	Pérdidas por paradas cortas, menores a 10 minutos por problemas temporarios	No considerada
	Pérdidas por velocidad reducida	Pérdida por diferencia de velocidad teórica de un equipo a velocidad real	No considerada
	Pérdidas por fabricación de productos defectuosos	Pérdida producto de la baja calidad del producto, convirtiéndolo en producto no conforme	Considerada
2	Pérdidas por deficiencias en la gestión	Pérdidas causadas por tiempos de espera de operarios, componentes o herramientas, así como también pérdidas por piezas que deben ser retrabajadas, pérdidas producto por una falta de organización y desorden	Considerada
	Pérdidas por movimientos	Pérdida de tiempo del operador para realizar distintas actividades, búsqueda de herramientas, documentos o componentes	Considerada
	Pérdidas por organización ineficiente en la línea	Pérdidas producto de un balance ineficiente de la línea contemplando traslados y continuidad de los equipos	Considerada
	Pérdidas por falta de sistemas automáticos.	Pérdidas por falta de tecnologías o equipos que simplifiquen los procesos y disminuyan los tiempos	Considerada
	Pérdidas por mediciones y ajustes excesivos	Pérdidas de tiempo debido a mediciones, controles y ajustes demasiado frecuentes	No considerada
3	Pérdidas de energía	Pérdidas relacionas al uso de energía ingresado en operaciones poco eficientes	No considerada
	Pérdidas de rendimiento de materiales productivos	Pérdidas asociadas a la relación entre materiales ingresados y productos terminados	No considerada
	Pérdidas de rendimiento de materiales accesorios	Pérdidas producto del gasto de reparación o cambio de herramientas o equipos	No considerada

Cuadro 2: TIPOS DE PÉRDIDA

5.3. Tipos de mediciones en el área

Las mediciones se dividirán en mediciones temporales y espaciales, de ellas a su vez se hará seguimiento al operador y al equipo, obteniendo así una completa base de datos, que refleja la realidad de la situación actual que se posee en el área. Para ello se realizarán distintas mediciones:

- Mediciones por jornada: Se realizarán mediciones durante la totalidad de un turno laboral a diferentes operadores. (Punto 6.1)
- Mediciones por actividad: Se realizarán mediciones a operarios en realización de actividades consideradas en el alcance 5.1.(Punto 6.2)
- Mediciones por equipos: Se realizarán mediciones a equipos desde su ingreso al módulo hasta su despacho fuera de producción.(Punto 6.3)

Las actividades se dividirán por su tipo, en agregan valor (+), no agregan valor imprescindibles (+/-) y no agregan valor prescindibles (-).

5.3.1. Definiciones

Definiciones según su valor

Las mediciones sobre las distintas actividades se separarán por el impacto que genere sobre el equipo, diferenciando entre un impacto positivo o negativo y en caso de ser negativo según su necesidad en el proceso.

- A.V (+): Actividad que agrega valor al proceso, se busca optimizar.
- N.V (+/-): Actividad que no agrega valor al proceso, pero es necesaria para su desarrollo, se busca minimizar.
- N.V (-): Actividad que no agrega valor al proceso y no corresponden a taras del proceso, se busca eliminar.

Definiciones según su tipo: Se presentará una tabla con las divisiones por su valor (impacto) y tipo:

Impacto	Tipo de Tiempo	Definición
A.V (+)	Tiempo en línea	Tiempo destinado al trabajo en el equipo, actividad que genera valor.
	• No especializado	Actividad que no se necesita especialización ni cargo adicional para su realización.
	• Especializado	Actividad que necesita especialización y un cargo adicional para su realización.
N.V (+/-)	Transporte de equipos	Tiempo destinado al traslado de un equipo o conjunto, de un punto a otro.
	Búsqueda o devolución de herramienta	Tiempo total en que deja la actividad en línea producto de ir a buscar o dejar una herramienta.
	Verificado/llenado/traslado de documentos	Tiempo total destinado a los documentos o verificación de equipos y componentes.
	Almuerzo + descansos	Tiempo que se detiene la actividad producto de alimentación o descansos.
	Limpieza, orden y reuniones (Operadores)	Tiempo destinado a limpieza del área, orden de la misma o reuniones efectuadas por personal.
	Tiempo en traslado	Tiempo en que el equipo es trasladado de una zona a otra para una nueva actividad.
	Tiempo en espera	Tiempo que el equipo no esta siendo afectado por ninguna actividad de aumento de valor o transporte.
	• Por Secado	Tiempo que se le da al equipo para su secado, a la espera de la próxima actividad.
	• Traslado de herramientas operario	Tiempo que espera el equipo mientras el operador busca una herramienta para continuar actividad.
	• Limpieza área de trabajo. (Equipo)	Tiempo destinado a limpieza del área, orden de la misma
• Traslado documento	Tiempo de espera del equipo mientras operador transporta documentos a oficina o zona designada.	
N.V (-)	Retrabajos	Tarea o actividad que no debe ser responsabilidad del módulo.
	Tiempo en espera	Tiempo que el equipo no esta siendo afectado por ninguna actividad de aumento de valor o transporte.
	• Por transporte	Tiempo que espera el equipo por transporte y seguir actividades en otra área.
	• Espera operario	Tiempo que espera el equipo por un operario, para seguir actividades en la misma área.
	Otros	Tiempos perdidos por ocio, actividades externas o situaciones con baja frecuencia.

Cuadro 3: DEFINICIONES POR TIPO

5.3.2. Mediciones temporales

- Mediciones a operarios por jornada y actividades:
 - Agrega valor(+):
 - Tiempo en línea. → ○ No especializada.
 - Especializada.
 - Verificado/llenado/traslado de documentos.
 - Limpieza, orden y reuniones.
 - No agrega valor (+/-):
 - Transporte de equipos.
 - Búsqueda o devolución de herramientas.
 - Almuerzo + descansos.
 - No agrega valor (-):
 - Retrabajos.
 - Otros.
- Mediciones a equipos:
 - Agrega valor:
 - Tiempo en línea.
 - Verificado/llenado/traslado de documentos.
 - No agrega valor (+/-):
 - Transporte de traslados.
 - Tiempo en espera → ○ Por Secado.
 - Traslado de herramientas operario.
 - Limpieza área de trabajo.
 - Traslado documento.
 - No agrega valor (-):
 - Tiempo en espera → ○ Por transporte.
 - Espera operario.
 - Otros.

5.3.3. Mediciones espaciales

Para las mediciones espaciales se usará la ayuda del diagrama de Espaguetti, método que utiliza líneas continuas para rastrear las rutas y distancias recorridas por los operarios y equipos, estas reflejarán los movimientos por separado, se realizará trazando los movimientos en un plano del área para así determinar las zonas con mayor y menor frecuencia, midiendo distancias e identificando su génesis. [6]

Para el estudio se considerarán solo los movimientos fuera de una zona de trabajo donde se efectúan las actividades analizadas (esta será determinada por una área específica en donde se concentran movimientos de distancias despreciables que agregan valor al equipo), los movimientos fuera de esta zona se dividirán como N.V (+/-) y N.V (-) de acuerdo a las definiciones ya presentadas.

5.3.4. Mediciones Puntuales

Se realizarán mediciones puntuales a actividades de interés, las cuales de ser posible se intentarán suprimir o minimizar el tiempo y espacio relacionado a estas actividades por medio de nuevas herramientas, nuevos protocolos o conductas frente a componentes en calidades inferiores a las requeridas o el no cumplimiento de lo solicitado.

5.4. CRI

Los CRI son comentarios, recomendaciones e informaciones, que puedan ser respaldados en mediciones. Estos forman parte de una herramienta de recolección de información directa desde el personal de la empresa, para orientar los estudios en puntos de alta relevancia para los operadores y personal. Los CRI presentan una oportunidad de mantener un rol participativo enfocando los conocimientos y experiencias, logrando así generar espacios donde surjan ideas y propuestas.

Durante la toma de mediciones se recolectarán los CRI de operadores, jefe de producción, supervisores y personal ligado a la producción.

Los CRI se agruparán en items para su posterior análisis, buscando solucionar los que representen un factor de mayor impacto a la empresa.

Solo se toman en cuenta los CRI que tengan evidencia real en las mediciones, eliminado así los que no representan una realidad de la situación.

6. Marco teórico

En este punto se abarcarán los conceptos clave para la elaboración y comprensión del plan generado. Este abarcará la mención de los conceptos y un resumen del mismo, todo abordado desde una perspectiva deductiva, avanzando en cada aspecto a través de la relación que existe entre ellos.

6.1. Administración de la producción

La administración a la producción involucra diversas tareas y actividades, por lo que no se puede definir el concepto sin antes dividirlos en grupos, es así como el autor Keith Lockyer [1995] lo explica en su libro “La producción industrial y su administración”.

6.1.1. Los procesos

El siguiente término de interés corresponde al proceso, el cual definida por el mismo autor, Keith Lockyer [1995], como una decisión conjunta entre las necesidades técnicas y organizativas del producto, donde no existe solo un método para realizarlo y se debe combatir la ingenuidad del personal al aumentar la variabilidad de procesos, la explicación del proceso involucra factores como:

- Capacidad disponible.
- Habilidades disponibles.
- Tipo de producción.
- Distribución de la planta y del equipo.
- Seguridad.
- Necesidades de mantenimiento.
- Costos previstos.

El diccionario de Oxford en su segundo punto define proceso como “Procesamiento o conjunto de operaciones a que se somete una cosa para elaborarla o transformarla”. Este procesamiento involucra factores como: materiales, mano de obra, método, equipos y tiempo para la elaboración de un producto, recordando que existen factores determinantes para una operación exitosa y continuidad de la organización, tales como: calidad, confiabilidad, entrega, costo del equipo y flujos de efectivo de la organización.

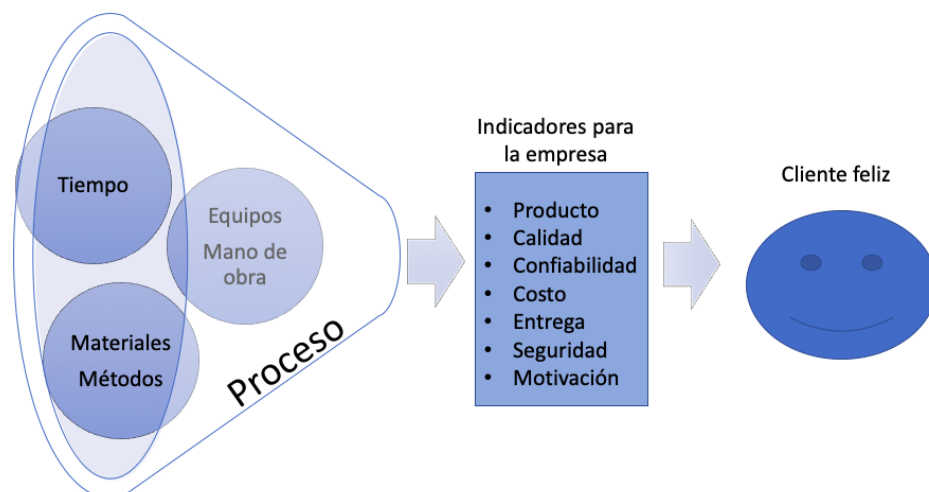


Figura 4: Factores influyentes en el proceso

6.1.2. El producto

El primer término de interés es el producto que lo define como resultado palpable de la interrelación entre mercadotecnia y producción, para la realización de un producto se deben manejar factores tanto externos, como la necesidades del mercado, la situación actual y requerimientos ambientales, entre otros, así como también factores internos, como la compatibilidad del nuevo producto, las instalaciones existentes, tradiciones, visión y la variabilidad entre otras.

6.1.3. La planta

Para fabricar un producto se requiere una planta, que constituye el segundo término de interés, que corresponde en la mayoría de los casos al mayor activo fijo de la organización, debiesen satisfacer las necesidades del producto, operadores, mercado y la organización.

6.1.4. Los programas

Existe otra relación entre producción y mercadotecnia, esta es la fecha de entrega de los productos terminados, esta fecha no esta formada solo a partir de la disponibilidad, también lo está por la eficiencia del flujo de efectivo.

6.1.5. El personal

El autor menciona que la producción de principio a fin depende del personal, la mano de obra en si es una variable, ya que presenta distintas habilidades y expectativas. La administración de la producción involucra todos estos factores mencionados, que a su vez están relacionadas entre ellos. El grueso de las fuerzas de trabajo recaen en la función de producción, buscando mejorar la productividad del área con el objetivo de lograr la excelencia operacional.

6.2. Productividad

Por lo mencionado en los puntos anteriores, es importante definir la productividad y como se entiende en el marco del estudio realizado, para esto, nos apoyamos en el autor Ernesto Mercado Ramírez [1998], quien define productividad como la relación entre los productos y servicios generados por un sistema y los recursos utilizados para la generación de ellos. Donde los insumos son una combinación de cantidad de personal, materiales, energía, maquinaria, etc.

$$Productividad = \text{Productos/Insumos} \quad (1)$$

Este autor menciona una relación entre la productividad y calidad del producto, competitividad, rentabilidad y relación con el trabajador, lo que nos lleva al punto de productividad total.

6.2.1. Productividad total

Esta conceptualización el autor la menciona como herramienta que mide la razón, entre la salida total que genera la empresa y las entradas totales que se requirieron para producir dicha salida, en un periodo determinado.

$$Productividad\ total = \text{Total de salidas/Total de entradas} \quad (2)$$

Estas se pueden evaluar en unidades físicas o monetarias, de esto podemos interpretar que la productividad total involucra aspectos como la calidad, productos no conformes, tiempos perdidos por accidentes o incidentes, averías de equipos u otras pérdidas no medidas al calcular la productividad en primera instancia. Esto el J. Carlos Prado [2000] lo expresa en la figura, como causas de pérdidas que existen en la industria y como estas permaneces invisibles para las empresas.

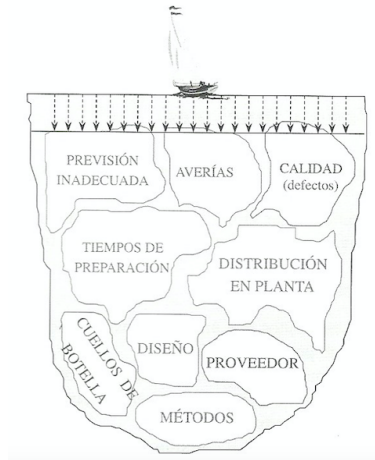


Figura 5: Causas pérdidas.
Fuente: J. Carlos Prado [2000].

6.3. Gestión de la calidad

La calidad es definida por la norma ISO 9000 como “La facultad de un conjunto de características inherentes de un producto, sistema o proceso para cumplir los requisitos de los clientes y de otras partes interesadas”. En este sentido, la calidad se vuelve fundamental para el objetivo de un producto y satisfacer la necesidad del cliente. En el libro “Dirección de logística y producción” los autores señalan que no es suficiente decir que la calidad está asociada a las aptitudes funcionales del producto, sino que, abarca desde las actitudes y las aptitudes de una organización en satisfacer las necesidades de un cliente tanto interno como externo.

Por esto, los autores manifiestan como el concepto de calidad ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, desde un partida inicial en que no existía un sistema de control de la satisfacción del cliente, hasta la segunda Guerra Mundial, donde se comienzan a estudiar sistemas de gestión de calidad.

Esta visión tiene la falencia que el concepto de calidad siempre está asociado al producto terminado, esto genera altos costos de evaluación, recuperación de materiales, recursos utilizados entre otros, por esto surge una segunda etapa, que se conoce como aseguramiento de la calidad.

Si bien esta segunda etapa busca adelantarse a la aparición de los problemas por medio de diseño, desarrollo y procedimientos, identificando responsables, recursos y plazos, esta etapa no contribuye a la supervivencia a largo plazo de la empresa, esto ya que las situaciones van cambiando con el paso del tiempo, provocando una tercera etapa, impulsada por el compromiso con el cliente y la mejora continua, un sistema de gestión llamado Calidad total o TQM (Total quality management).

6.3.1. Calidad total

Este principio de gestión de calidad también es mencionado por los autores del libro Dirección de logística y producción como JIT (Just in time), dándolo a conocer como una filosofía de organización, en la que la empresa se puede adaptar rápidamente.

Este sistema se desarrolló tras la segunda Guerra Mundial, en Japón, en la empresa Toyota, como un sistema de gestión orientado a la puesta del mercado. El sistema por un lado, tiene como objetivo buscar la eliminación de todas las actividades que no agreguen valor para el cliente o despilfarros y por otro lado, involucra la optimización de estas actividades que si agregan valor.

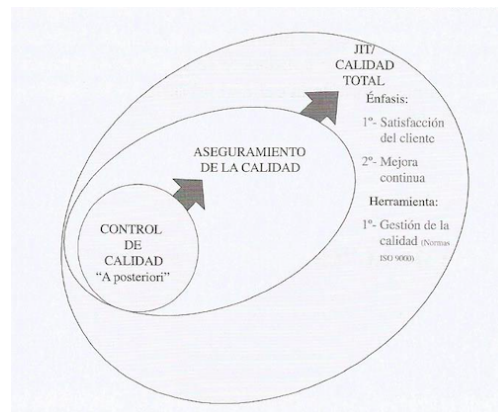


Figura 6: Causas pérdidas.

Fuente: J. Carlos Prado [2000].

El proceso de mejora continua que asigna soporte a este sistema JIT es el reconocido ciclo PDCA de Shewhart, popularizado por el E. Deming con el ciclo de Deming (P-H-V-A). Este será explicado en mayor detalle en puntos posteriores, ya que es una herramienta fundamental para llevar a cabo el plan de acción presentado.

Los autores mencionan distintos elementos que constituyen la filosofía JIT, respecto a estos, solo se mencionarán los relacionados a organización de trabajo, puesto que estos son los explorados en el desarrollo de la propuesta presentada.

Lean manufacturing

The productivity development team [1999], explican como Lean manufacturing es una herramienta fundamental para la organización de trabajo, en busca de la calidad total y aumento de productividad total. El fin de esta herramienta es convertir a la empresa en una más rentable y competitiva, reduciendo todo tipo de pérdida que agregue un costo o tiempo a la producción de un producto o servicio, los autores señalan que no es suficiente mejorar las operaciones, se necesita mejorar el proceso, a la vez The productivity development team [2002] señalan que Lean manufacturing o JIT, contienen distintas herramientas que ayudan a disminuir los desperdicios, entre las cuales destacan:

- 5S: Reducción de pérdidas por desorden.
- TPM: Reducción de pérdidas por mantenimiento preventivo.

- Quick Changeover: Reducción de tiempos preparación de equipos.
- Organización en célula: Reducción de tiempos por transporte y esperas.
- Kanban: Ayudar a eliminar sobreproducción e inventarios.

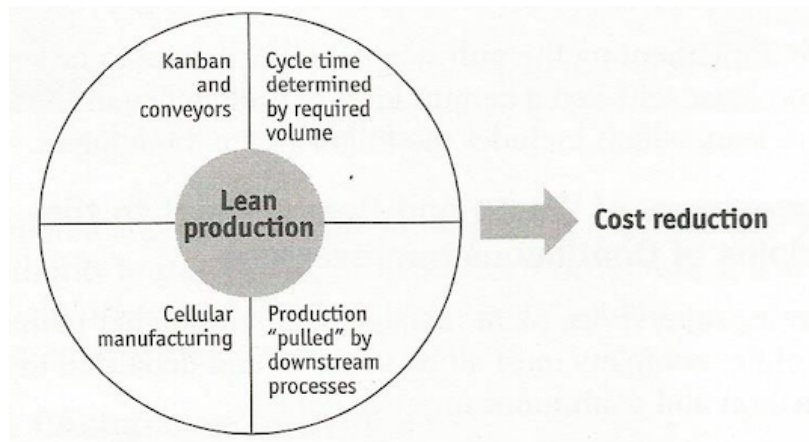


Figura 7: Reducción de costos.

Fuente: The productivity development team [2002].

6.4. Organización de trabajo

Producto de las mayores exigencias de los mercados, se hace necesario el estudio de diferentes ámbitos dentro del área de trabajo, en general, en el área de producción de las organizaciones. Pierre Béranger [1988], en su libro en busca de la excelencia industrial señala que la industria tradicional no tiene suficiente capacidad para satisfacer todas las demandas, por ello para recuperar su competitividad en un nuevo universo industrial cada vez mas agresivo para las empresas, se deben eliminar las causas de los problemas, lo cual exige mucho mas que acomodarse a los efectos. Una causa es un parámetro sobre el que se puede actuar directamente, una causa real no puede ser ella misma consecuencia de otro fenómeno.

6.4.1. Distribución de planta

J. Carlos Prado [2000], habla de la distribución en planta como el nexo existente entre los medios humanos y materiales dentro de las instalaciones, afectando en gran medida la eficiencia del sistema productivo. El autor menciona la existencia de tres tipos de distribución en planta más comunes.

Organización funcional

Béranger [1988], menciona que, comúnmente, las actividades se suelen agrupar en forma funcionales, en este tipo de disposición las máquinas que llevan a cabo el mismo tipo de operación se encuentran agrupadas por áreas. Mientras que J. Carlos Prado [2000], señala que el sistema se basa en una distribución por secciones, agrupadas por similitud operacional, donde la mayor ventaja se encuentra en una menor necesidad de equipos, por lo tanto una menor inversión inicial. Sin embargo, este sistema presenta diversos inconvenientes, entre los que destacan:

- No es posible establecer un flujo continuo de productos.

- Rutas de productos a lo largo de su transformación son mas complicadas y largas, incrementando tiempos de fabricación.
- Incrementan las manipulaciones de los productos.
- Presenta dificultades de estandarización de procesos.
- Operadores especializados con baja posibilidad de cambio de secciones.
- Mayor dificultad de planificación por relaciones entre distintas secciones.

Organización en línea

Este tipo de organización difiere de la funcional al disponer las máquinas de acuerdo a una secuencia de producción, con esta, al ser más visible el flujo de transformación del producto, se logra una disminución en los recorridos que realiza el producto, simplificando actividades de programación y reprogramación. Facilita la disminución de Stocks de productos en línea al trabajar en lotes más pequeños, sin embargo, esta requiere una mayor inversión inicial. Una de las principales falencias de este tipo de organización es la disminución de combinaciones posibles de productos.

Organización en célula

The productivity development team [1999], describen la organización celular como una herramienta de lean manufacturing, que ayuda a las empresas a manejar la producción de una mayor cantidad de productos con las menores perdidas posibles. Esto se refleja en una mayor flexibilidad de la empresa respondiendo a las necesidades de los clientes, los equipos y estaciones están ordenadas en secuencias que apoyan un fácil y correcto flujo de materiales y componentes por la línea a través del proceso, minimizando transportes y esperas.

Esta herramienta entrega beneficios tanto al área de producción como al personal que trabaja en ella, aumentando sus capacidades y aumentando la valoración de la empresa hacia ellos, entre los beneficios más importantes de esta herramienta esta:

- Disminuir los costos y tiempos de transporte en el proceso.
- Disminuir los tiempos de producción totales.
- Optimizar el uso de los espacios disponibles.
- Promover la mejora continua enfocándose en solucionar problemas con un bajo inventario.
- Cambio en la cultura de exceso de producción.
- Reducción de esfuerzos por transportes innecesarios.
- Reducción de caminatas para completar el proceso.

En la organización en célula, los equipos y estaciones de trabajo están alineadas en cercanías, disminuyendo la distancia entre los equipos que son necesarios para completar el proceso, existen diversas maneras de realizar estos arreglos, pero comúnmente en este tipo de filosofías se ocupan las celdas tipo “U”, estas celdas permiten que la entrada y salida de producto se encuentren próximas, disminuyendo el traslado del operador desde un punto al otro para comenzar un nuevo ciclo.

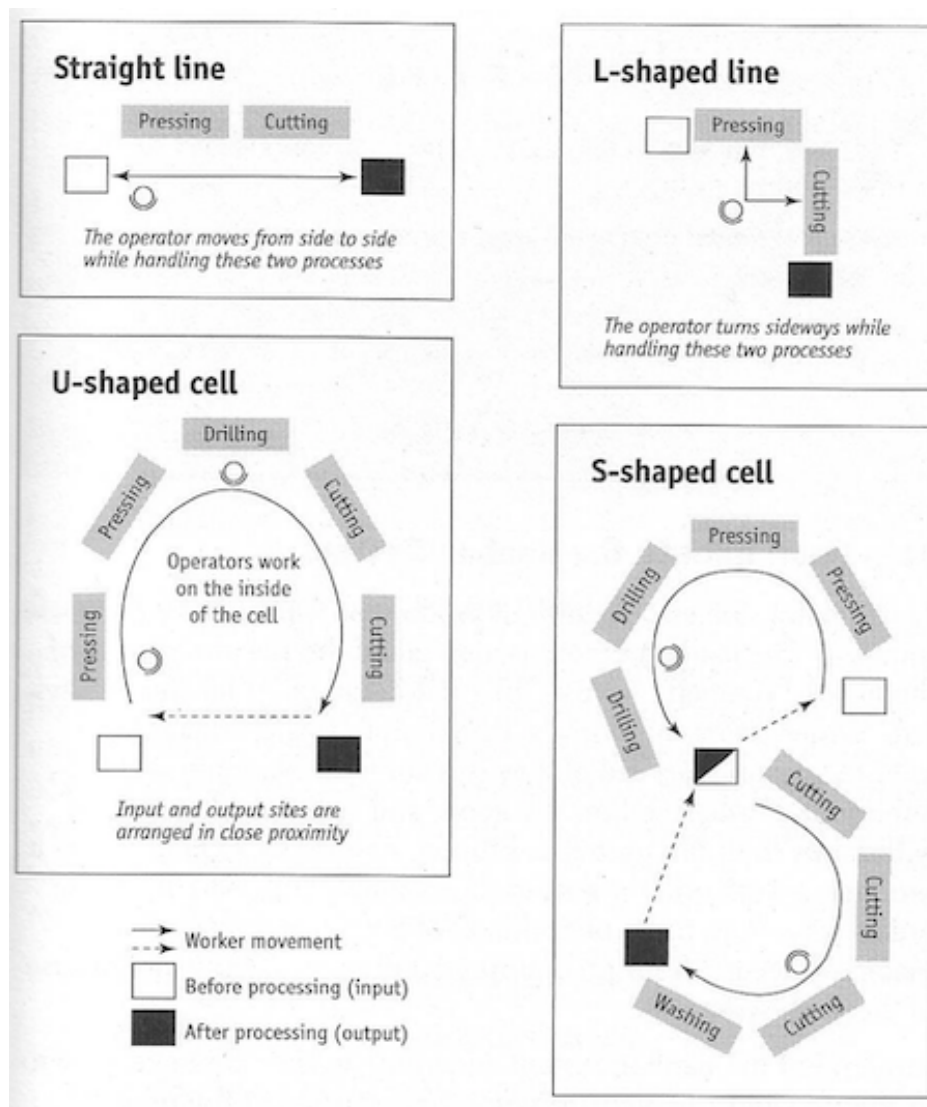


Figura 8: Tipos de arreglos

Fuente: The productivity development team [2002].

Los autores señalan que un beneficio extra de este tipo de herramientas es un aumento en las competencias de los operadores, esto producto de que los operadores deben aprender como proceder a operar distintos equipos en cada celda. Adicionalmente, se puede realizar entrenamiento cruzado, cambiando el personal de una celda a otra, logrando obtener un personal capacitado para todas las líneas de producción.

6.4.2. Estudio de trabajos

Un aspecto muy importante a considerar dentro de actividades de mejora es el ámbito de trabajos en producción el autor J. Carlos Prado [2000], señala que esta constituye una de las más eficaces herramientas de mejora, de cara a una correcta implementación de mejorar los sistemas de trabajo donde se pueden obtener importantes incrementos tanto en la productividad, como en la calidad de los productos.

Se entienden como estudio de trabajo a ciertas técnicas que se utilizan para examinar el trabajo humano y todos los factores que influyen en la eficiencia, con el fin de efectuar mejoras. El autor menciona que su procedimiento básico se suele subdividir en ocho etapas:

- Seleccionar el trabajo o proceso a estudiar.
- Observación directa y disponer la información de manera cómoda para análisis.
- Examinar los hechos con actitud crítica, siempre preguntándose el por qué de la acción.
- Idear el método más económico tomando en cuenta las circunstancias.
- Medir la cantidad de trabajo exigida por el método seleccionado.
- Definir el nuevo método y tiempos correspondientes.
- Implementar el nuevo método.
- Mantener el uso de la nueva práctica con programas de control adecuados.

De este sistema, las primeras tres etapas son imprescindibles del estudio de trabajo, mientras que las siguientes son parte del estudio de métodos y trabajo combinados.

6.4.3. Estudio de métodos

Roberto García Criollo [2005] nos explica como en la actualidad, la conjugación adecuada de los recursos tanto económicos, como humanos o materiales, originan un aumento en la producción, considerando que siempre puede haber una mejor solución posible en cada escenario, mediante un estudio de métodos.

Los objetivos más importantes de realizar un estudio de método son: Mejorar el proceso y los procedimientos, mejor la disposición y el diseño del área, maximizar el rendimiento, minimizar los recursos necesarios, aumentar la seguridad y crear mejores condiciones de trabajo y por último hacer el proceso de manera más sencilla. Para esto se deben seguir una serie de procedimientos los cuales el autor los simplifica en:

- Seguir los tres primeros pasos mencionados en el punto estudio de trabajos.
- Desarrollar un nuevo método para hacer el trabajo.
- Capacitar a los operadores a la nueva metodología.
- Aplicar el nuevo método.

Se observa que ambos estudios tienen bastante en común, esto pues, no se puede hacer uno sin el otro, son trabajos complementarios y los autores difieren en como nombrarlos, pero no en como llevarlos a cabo.

6.4.4. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica de medición de trabajo, empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo, es la técnica más extendida y se realiza generalmente con cronómetro, sostiene el autor J. Carlos Prado [2000]. Mientras que Roberto García Criollo [2005], expande el concepto determinado que es la técnica con mayor exactitud posible, en base a un número determinado de observaciones.

Con respecto a los procedimientos básicos en estudio de tiempos, señalan una serie con las principales etapas:

- Selección de trabajo.
- Obtener y registrar información.
- Comprobar el método.
- Descomponer la tarea en elementos.
- Medir el tiempo de cada elemento.
- Valorar el ritmo.
- Convertir los tiempos observados en tiempos básicos.
- Determinar los suplementos que se deben añadir al tiempo básico.
- Determinar el tiempo tipo.

Esta técnica nos brinda la oportunidad de descomponer los tiempos por elementos, para poder evaluarlos independientemente e identificar la valoración que tienen dentro del proceso y si es un requisito para la satisfacción del cliente.

6.5. Ciclo de deming

Para la elaboración del plan de acción, buscando llevar a cabo un correcto diseño y método, el plan propuesto se basa en el ciclo de mejora continua de la calidad de Deming. Este modelo para la gestión del cambio debe llevarse a cabo una y otra vez, de manera que cada vez que se desarrolle un ciclo se irá mejorando la calidad de la organización y las sucesivas vueltas de los ciclos se convertirán en una espiral de mejora que tenderá hacia la excelencia operacional.

Según Howard S. [1991], el ciclo de Deming puede ayudar a la gerencia en la edificación y ejecución de planes que reduzcan la diferencia entre las necesidades del cliente y el proceso. Para efectuar un ciclo se debe desarrollar un plan, que pruebe en una pequeña escala o sección que se pueda evaluar sus efectos para posteriormente hacer mejoras apropiadas del proceso, estas pueden ser mejorar el proceso o crear uno nuevo.

Este ciclo se basa en reconocer que los problemas (oportunidades de mejora) en un proceso se encuentran entre la diferencia de las necesidades del cliente y la ejecución del proceso, una gran diferencia puede significar una disconformidad por parte del cliente, sin importar el grado de oportunidad de mejora, se debe hacer un esfuerzo constante para disminuirlo o eliminarlo. En este sentido, las cuatro fases del ciclo de Deming son capaces de lograrlo.

Planificar

Esta fase, el autor, la explica como fase de recolección de datos sobre variables del proceso, estos datos son evaluados y transformados en variables sobre las cuales se puede actuar, deben recogerse en variables para las cuales se pueden tomar acciones de mejoramiento del proceso. Además, se debe desarrollar un plan para determinar los efectos al manipular las variables buscando reducir la brecha entre las necesidades del cliente y el proceso.

Hacer

El plan establecido en la primera fase se pone en desarrollo, con una prueba piloto o ensayo, esta etapa consta de tres partes, educar a todo el personal, entrenarlo para la preparación de los cambios y por último hacer los cambios mencionados.

Verificar

El plan ya efectuado debe ser supervisado continuamente buscando responder a dos preguntas, estas son: ¿Están disminuyendo las variables del proceso? y ¿Origina algún nuevo problema la solución propuesta?, los resultados de estas preguntas llevan a la última fase del ciclo.

Actuar

La última fase pone en práctica las modificaciones realizadas al plan, disminuyendo aún más la diferencia entre las necesidades y el proceso, esta fase solo se lleva a cabo si la verificación muestra una diferencia beneficiosa para el proceso, de no ser exitosa se vuelve a la etapa de planificación, sin embargo, si esta es exitosa y el plan ofrece una disminución de la brecha; el ciclo continúa de igual manera buscando la excelencia operacional.

Este punto marca el inicio de la segunda etapa, correspondiente a la etapa de hacer del plan de acción (p-H-v-a).

7. Desarrollo

Para el desarrollo de la línea base se realizaron más de 1300 mediciones temporales equivalentes a más de 80 horas y 10 mediciones espaciales realizando un seguimiento tanto a operadores como equipos, durante un periodo de 4 semanas. Estas semanas corresponden entre la semana 27 y semana 31 del año.

Además, se realizó un estudio respecto a la recepción de los insumos que ingresan al área de producción, inspeccionando las órdenes de trabajo por su fecha de ingreso, el estado de la orden y la composición de los bins en que ingresan.

Cada tipo de medición contemplará un análisis de los tiempos y movimientos (en los movimientos solo se diferenciarán los movimientos que no agregan valor, los movimientos que agregan valor serán determinados por una zona de interés) buscando obtener una justificación de estos y su necesidad real dentro del módulo.

En el área de bombas estándar trabajan 4 operarios fijos, los cuales tienen las competencias necesarias para ayudar a otras áreas si se les solicita, cada uno tiene distinto tiempo en producción y distintas capacitaciones, las cuales serán resumidas en la siguiente tabla:

Operador	Cargo	Experiencia en empresa	Capacitaciones
1	Técnico líder	18 años	Montaje bombas: B. Estándar: 100 % Otras: 56 % Conocimientos varios: 79 % Sistema integrado: 89 %
2	Técnico II	2 años	Montaje bombas: B. Estándar: 34 % Otras: 0 % Conocimientos varios: 32 % Sistema integrado: 16 %
3	Técnico II	3 años	Montaje bombas: B. Estándar: 100 % Otras: 0 % Conocimientos varios: 11 % Sistema integrado: 84 %
4	Técnico I	2.5 años	Montaje bombas: B. Estándar: 100 % Otras: 0 % Conocimientos varios: 11 % Sistema integrado: - %

Para definir las capacitaciones de los operarios se usó la matriz de competencias técnicas facilitada por la empresa (Anexo 66)

Cuadro 4: OPERADORES MÓDULO

7.1. Mediciones a operarios por jornada

7.1.1. Jornada operador 1

- Fecha: 25 de julio 2019.
- Recepción, verificación y almacenamiento interno, traslado a despacho.
- Tiempo total: 9 horas 4 minutos.

Se realizó un análisis en los tiempos en línea según su grado de especialización, tomando en cuenta que la actividad es realizado por el técnico líder, en este caso los retrabajos corresponden a transportes innecesarios de bins.

Tipo [Impacto]	Actividad	Tiempo [HH:MM]	Porcentaje [%]
A.V (+) 52 %	No especializados	2:17	25
	Especializados	0:14	3
	Verificado o llenado de documentos	1:13	14
	Limpieza, orden y reuniones	1:01	11
N.V (+/-) 36 %	Almuerzo y descansos	1:00	11
	Transporte de equipos	2:02	22
	Búsqueda o devolución de herramientas	0:11	2
N.V (-) 12 %	Retrabajos	0:33	6
	Otros	0:33	6

Cuadro 5: TIEMPOS JORNADA LABORAL OPERADOR 1.

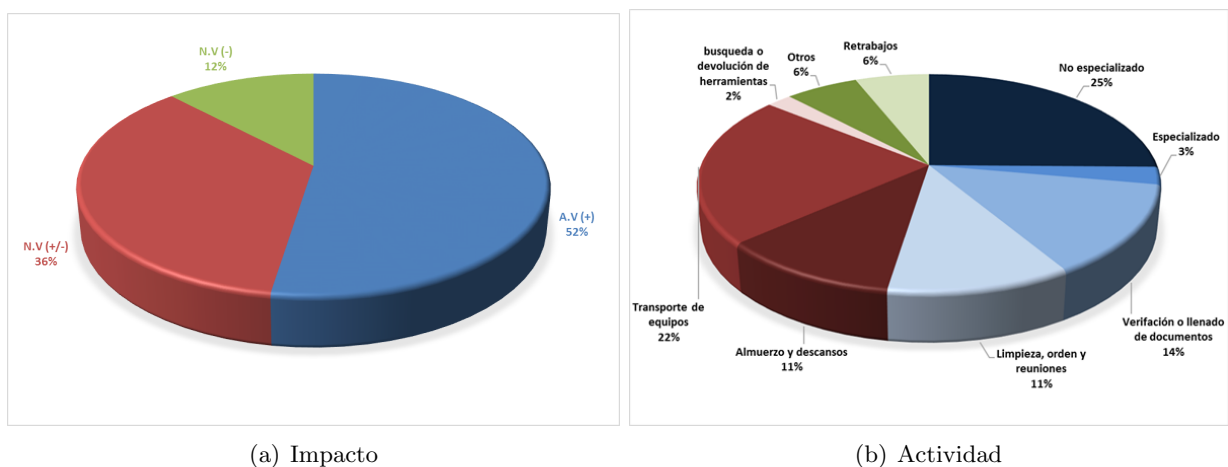


Figura 9: Jornada laboral operador 1 [% Tiempos]

Movimientos operador 1

Impacto	Zona/Actividad	Metros
N.V (+/-) 76 %	Transporte equipos	670
	Mov. zona armado	111
	Almacén interno	62
N.V (-) 24 %	Otras áreas	189
	Afuera/otros	85
	Total	1117

Cuadro 6: DISTANCIAS RECORRIDAS POR OPERADOR DENTRO DEL TALLER DE PRODUCCIÓN, MOVIMIENTOS QUE NO AGREGAN VALOR.

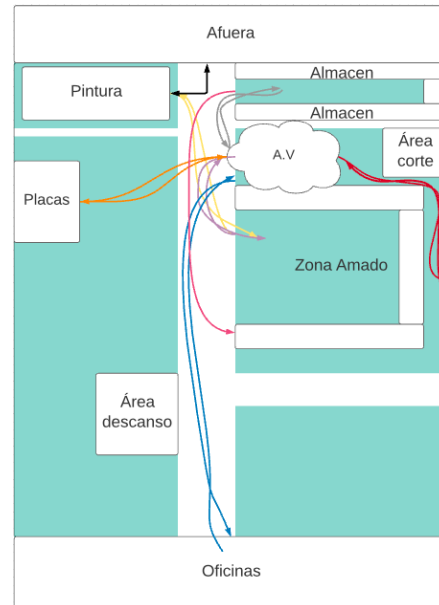
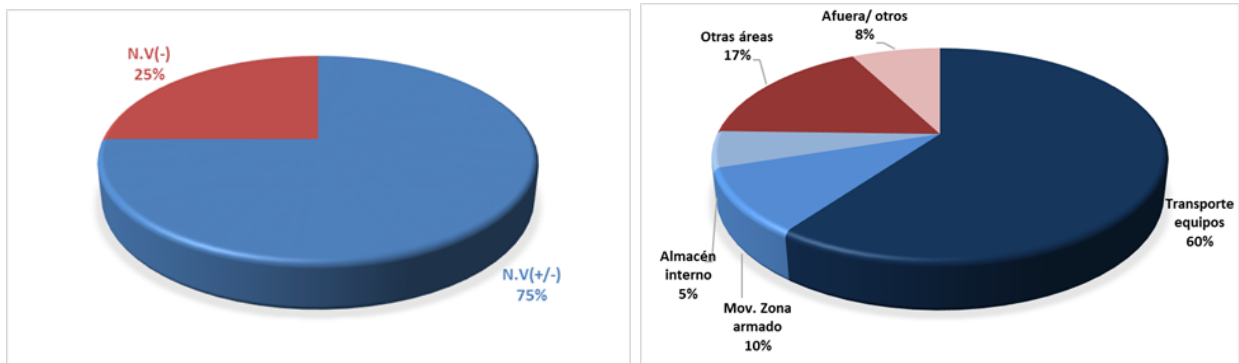


Figura 10: Movimientos jornada laboral operador 1



(a) Impacto

(b) Actividad

Figura 11: Movimientos operador 1. [% Movimientos]

Análisis mediciones por jornada operador 1.

Su comportamiento diario difiere de gran manera a los de otros operadores, esto producto a que su labor dentro del módulo es mayormente logística, buscando optimizar el tiempo de los demás operadores. El tiempo en línea en su mayoría corresponde a enviar a mecanizar componentes (Acoples y rodetes). Actividad realizada posterior a recepcionar componentes.

En este operador se refleja el desorden existente en la interacción entre almacenes y producción, ocasionando que la verificación y recepción de componentes le lleven alrededor del 40 % del tiempo y 60 % de los movimientos del día. En su diagrama de Espaguetti se observa que se mueve tanto en grúa horquilla como a pie, principalmente, por el área de almacenes interno y el módulo de bombas estándar.

Existe un 7 % de trabajos innecesarios que corresponden a movimientos de retorno de los bins con componentes a almacenes, este movimiento es producto de que los componentes no se ordenan por fecha y en un mismo bin, vienen componentes para equipos de distintos días, los cuales tienen que ser retirados de la línea por un tiempo para dar acceso a nuevos bins de órdenes con fecha de entrega más cercanas.

Cabe destacar, que se presentó un tiempo en reunión mayor a lo habitual, ya que el día efectuada la medición se realizaron 2 reuniones, la reunión de bombas diarias y una reunión de seguridad de carácter semanal.

Resumen oportunidad de mejora

- Oportunidad de mejora en la planificación y orden.
- Realización de una nueva distribución de espacios.

7.1.2. Jornada operador 2

Se aplicaron mediciones a las actividades realizadas por un operario desde su ingreso al taller hasta la salida de este (8:10 AM - 5:20 PM):

- Fecha: 22 de julio 2019.
- Actividad: Preparación verificado, ensamble conjunto.
- Tiempo total: 9 horas 2 minutos.

De esta información se hace un desglose en los tiempos en línea, separándolos por su grado de especialización, si corresponde a un trabajo realizado en el proceso o si es un reprocesado. Además, se eliminan los tiempos destinados por horario a almuerzo y descansos, mientras que el excedente de estos pasa al punto de otros, para así obtener la información final de una jornada laboral.

Tipo [Impacto]	Actividad	Tiempo [HH:MM]	Porcentaje [%]
A.V (+) 57 %	No especializados	1:03	12
	Especializados	2:50	31
	Verificado o llenado de documentos	0:58	11
	Limpieza, orden y reuniones	0:17	3
N.V (+/-) 26 %	Almuerzo y descansos	1:00	11
	Transporte de equipos	0:29	5
	Búsqueda o devolución de herramientas	0:52	10
N.V (-) 17 %	Retrabajos	0:35	6
	Otros	1:00	11

Cuadro 7: TIEMPOS JORNADA LABORAL OPERADOR 2

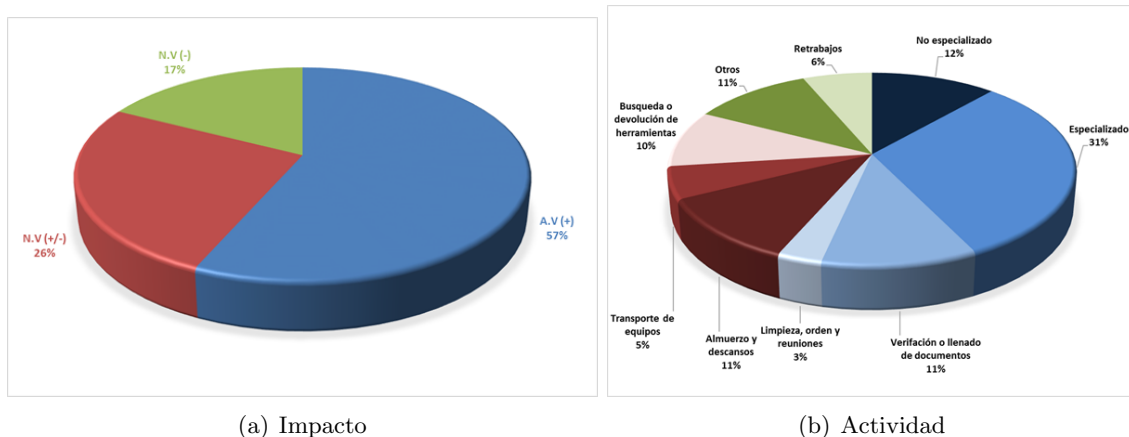


Figura 12: Jornada laboral operador 2 [% Tiempos]

Movimientos operador 2

Impacto	Zona/Actividad	Metros
N.V (+/-) 57%	Transporte equipos	32 5 %
	Mov. zona armado	148 25 %
	Área corte	26 4 %
	Área descanso	46 8 %
	Almacén interno	92 15 %
N.V (-) 43%	Área pintura	79 13 %
	Otras áreas	65 11 %
	Afuera/ otros	116 19 %
	Total	604

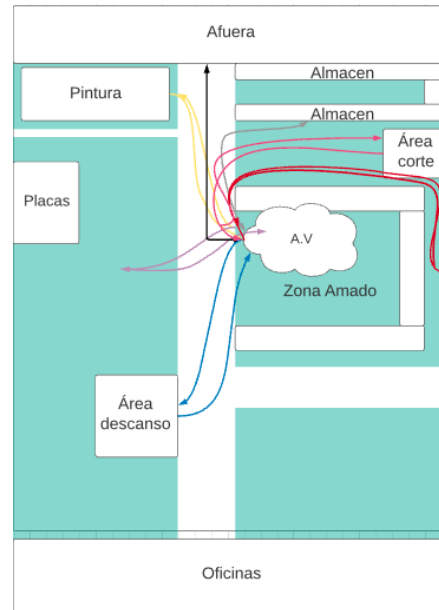


Figura 13: Movimientos jornada laboral operador 2

Cuadro 8: DISTANCIAS RECORRIDAS POR OPERADOR DENTRO DEL TALLER DE PRODUCCIÓN, MOVIMIENTOS QUE NO AGREGAN VALOR

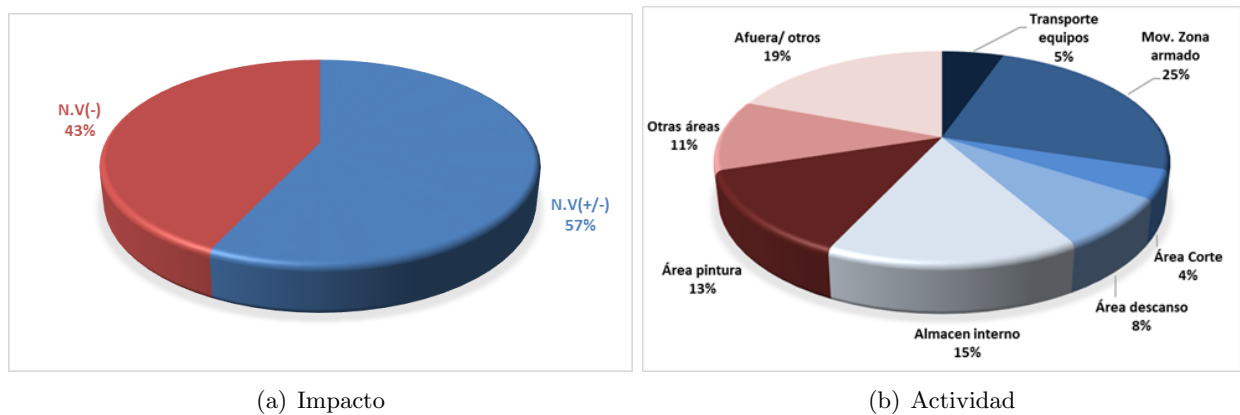


Figura 14: Movimientos operador 2 [% Movimientos]

Análisis mediciones por jornada operador 2

Se asumirá que el comportamiento de los operarios 3 y 4 son similares a los efectuados por el operador 2 a lo largo de la jornada, en los siguientes puntos se hablará más en específico de la diferencia de operarios por actividad.

Se observa que si bien los tiempos en actividades que agregan valor de los operadores en comparación a lo esperado (33 %) son altos, logrando cerca del 50 % del tiempo, estos son producto de dos grandes factores; debido a la preocupación y constante mejora en protocolos, capacitaciones y un sistema integrado actualizado constantemente, incluyendo distintas metodologías lean como 5S, Kanban, fábrica visual entre otras y por otra parte, a que un operador (El líder del área, operador 1) está encargado de realizar un conjunto de actividades que facilitan la productividad de los demás operadores disminuyendo sus tiempos de transporte de equipos y verificación de componentes.

Es importante detallar que el tiempo en línea al ser desglosado muestra como solo el 43 % del tiempo se le está entregando valor al equipo en la línea, realizando un 6 % del tiempo retrabajos, en su mayoría relacionados a re-roscados en bases o rectificaciones en las bases de las bombas, las cuales se estudiarán si son producto de fallas en los planos, variabilidad en las bases de las bombas desde fábrica o una mala calidad de las bases mandadas a fabricar en Chile. Existe un alto porcentaje de tiempo destinado a verificación o llenados de documentos (12 %), este valor se debe a la falta de orden, ya que pasa la mayor parte del tiempo buscando el componente necesario para después corroborar su número y transportarlo al área de trabajo.

Además, identificando las herramientas más usadas y su proximidad se buscará disminuir los tiempos de búsqueda y devolución de herramientas actualizando su carro de herramientas, para optimizar su tiempo.

Resumen oportunidad de mejora

- Buscar eliminar los retrabajos del área.
- Mejorar la distribución de herramientas.

7.2. Mediciones a operarios por actividad

Se realizaron mediciones de los distintos operarios (4 operarios fijos en ensamble de bombas centrífugas), en donde se tomó el tiempo en las distintas actividades que componen el módulo, el tiempo se consideró desde que toman la orden de trabajo y/o realizan la primera acción en una actividad hasta dar por finalizada esta (se descontaron los tiempos de actividades externas como ayudas en otras áreas o módulos).

7.2.1. Mediciones a operador 1 por actividad

- Fecha: 9 de julio 2019 - 17 de julio 2019
- Actividad: Recepción, verificación y almacenamiento interno - montaje.
- Tiempo medido: 5 hrs 2 min.

Tipo [Impacto]	Actividad	Tiempo [HH:MM]	Porcentaje [%]
A.V (+) 74%	No especializados	0:33	11 %
	Especializados	2:37	45 %
	Verificado o llenado de documentos	0:38	13 %
	Limpieza, orden y reuniones	0:16	5 %
N.V (+/-) 15%	Transporte de equipos	0:33	11 %
	Búsqueda o devolución de herramientas	0:13	4 %
N.V (-) 11%	Retrabajos	0:20	7 %
	Otros.	0:11	4 %

Cuadro 9: TIEMPOS OPERADOR 1 EN ACTIVIDADES

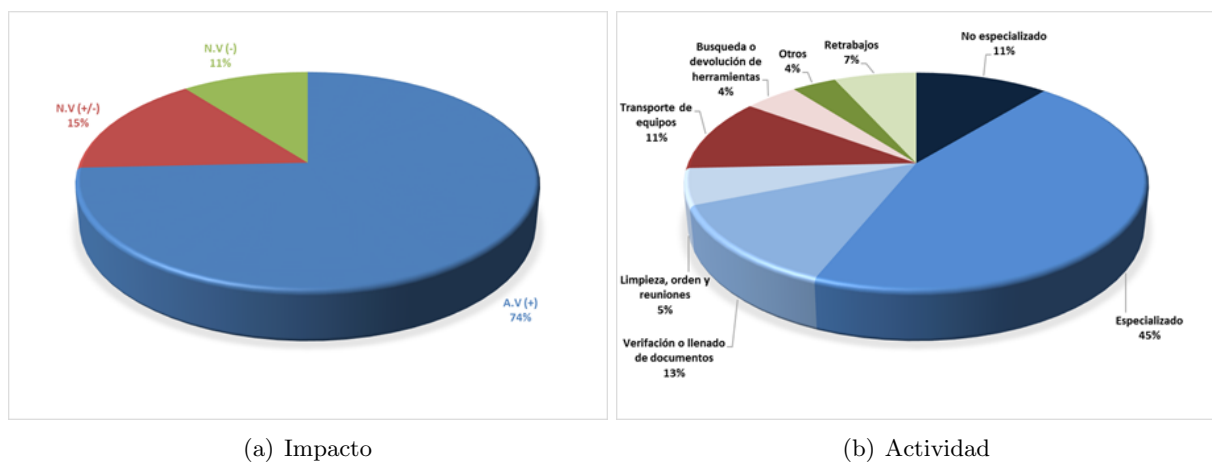


Figura 15: Operador 1 en actividades. [% Tiempo]

7.2.2. Mediciones a operador 2 por actividad.

- Fecha: 4 de julio 2019 - 10 de julio 2019
- Actividad: Preparación base, ensamble conjunto.
- Tiempo medido: 9 hrs 23 min.

Tipo [Impacto]	Actividad	Tiempo [HH:MM]	Porcentaje [%]
A.V (+) 57 %	No especializados	0:25	4 %
	Especializados	4:16	45 %
	Verificado o llenado de documentos	0:28	5 %
	Limpieza, orden y reuniones	0:15	3 %
N.V (+/-) 31 %	Transporte de equipos	1:50	20 %
	Búsqueda o devolución de herramientas	1:04	11 %
N.V (-) 12 %	Retrabajos	0:53	10 %
	Otros	0:12	2 %

Cuadro 10: TIEMPOS OPERADOR 2 EN ACTIVIDADES

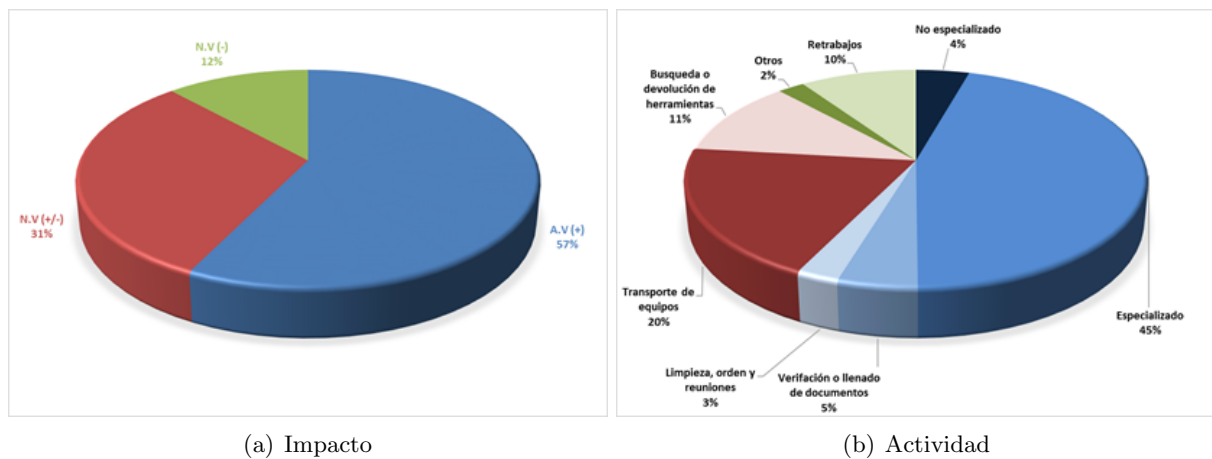


Figura 16: Operador 2 en actividades [% Tiempo]

7.2.3. Mediciones a operador 3 por actividad

- Fecha: 3 de julio 2019 - 18 de julio 2019
- Operador: 3
- Actividad: Montaje, ensamble conjunto.
- Tiempo medido: 13 hrs 31 min.

Tipo [Impacto]	Actividad	Tiempo [HH:MM]	Porcentaje
A.V (+) 56 %	No especializados	1:58	15 %
	Especializado	4:29	33 %
	Verificado o llenado de documentos	0:27	3 %
	Limpieza, orden y reuniones	0:39	5 %
N.V (+/-) 26 %	Transporte de equipos	1:38	12 %
	Búsqueda o devolución de herramientas	1:49	14 %
N.V (-) 18 %	Retrabajos	1:23	10 %
	Otros	1:07	8 %

Cuadro 11: TIEMPOS OPERADOR 3 EN ACTIVIDADES

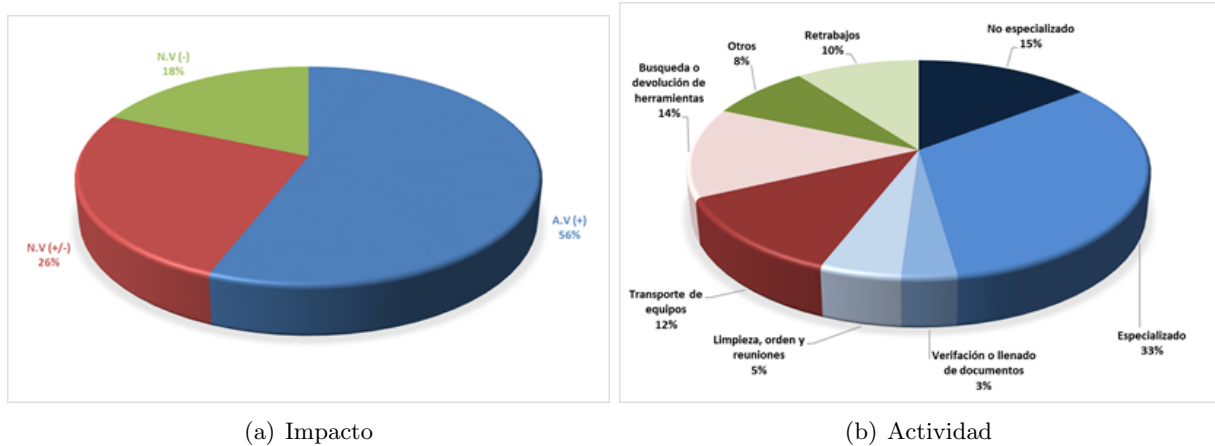


Figura 17: Operador 3 en actividades [% Tiempo]

7.2.4. Mediciones a operador 4 por actividad

- Fecha: 3 de julio 2019 - 18 de julio 2019
- Operador: 4
- Actividad: Montaje.
- Tiempo medido: 3 hrs 11 min.

Tipo [Impacto]	Actividad	Tiempo [HH:MM]	Porcentaje
A.V (+) 56 %	No especializados	0:10	5 %
	Especializados	1:14	38 %
	Verificado o llenado de documentos	0:15	8 %
	Limpieza, orden y reuniones	0:09	5 %
N.V (+/-) 21 %	Transporte de equipos	0:17	9 %
	Búsqueda o devolución de herramientas	0:23	12 %
N.V (-) 23 %	Retrabajos	0:15	8 %
	Otros	0:29	15 %

Cuadro 12: TIEMPOS OPERADOR 4 EN ACTIVIDADES

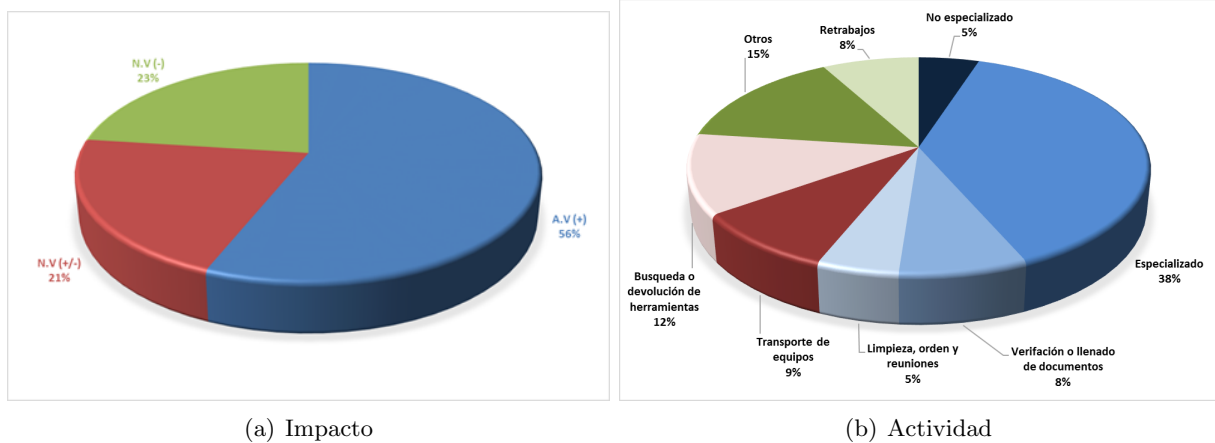


Figura 18: Operador 4 en actividades [% Tiempo]

Movimientos por actividad

Se demarca una zona en donde se concentran la mayor parte de los movimientos por cada actividad.

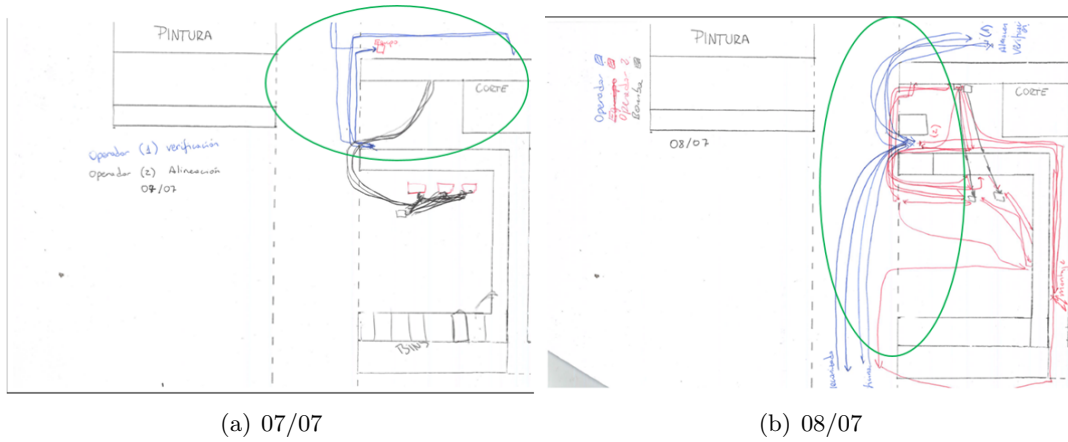


Figura 19: Verificación componentes

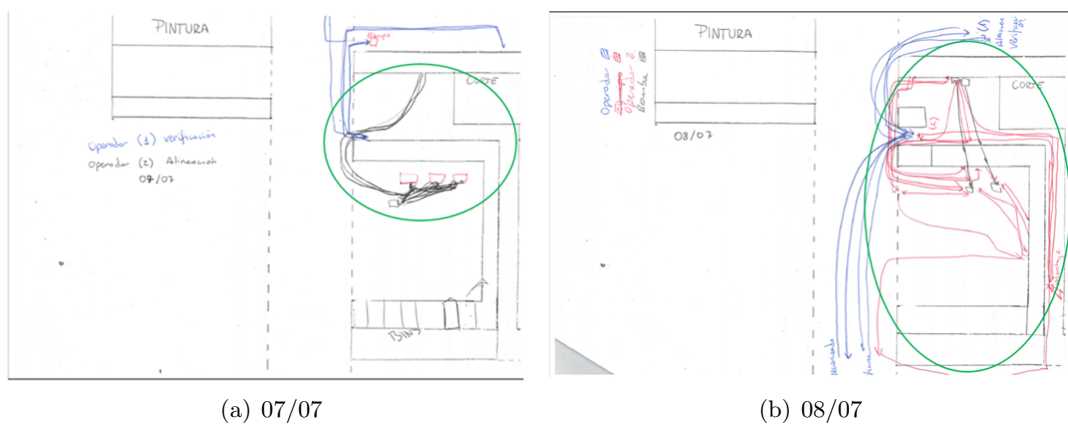


Figura 20: Preparación base - Ensamble conjunto

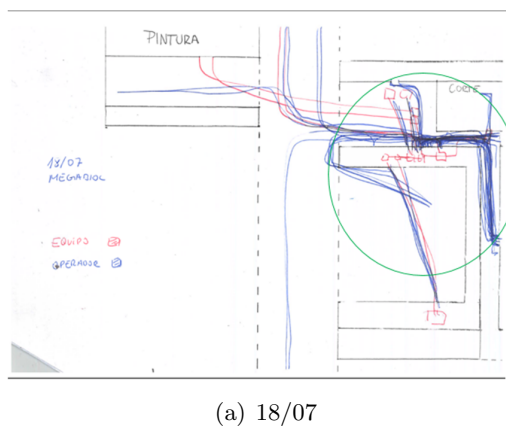


Figura 21: Armado

Análisis mediciones por actividades

Al observar los tiempos medidos de los operarios 2, 3 y 4 nos damos cuenta que tienen una relación en cuanto a porcentajes destinados por actividad que agregan valor (entre 56 - 57 %), con esto y sumado a que para el operador 2 existe una relación entre medición por jornada y por actividad se da por validada la hipótesis realizada en el análisis por jornada asumiendo un comportamiento similar en operador 3 y operador 4.

Se puede desprender que en todas las actividades existe un porcentaje de tiempo (cerca al 10 %) que corresponden a retrabajos, ya sea en las bases o bombas (limado, rectificadas, roscados), estos tiempos se buscará la etimología para proceder a crear un plan de acción para la eliminación de estas tareas.

Existe en todas las actividades un porcentaje de actividades que no necesitan de especialización para su ejecución, esto da la opción de evaluar la contratación de un ayudante de producción que ejecute estas labores que son en gran medida limpieza de equipos o componentes.

Para reducir los traslados de equipos, que en algunas actividades rondan el 20 % del tiempo, se desarrollará una propuesta para disminuir la dependencia de la grúa horquilla, además se buscará reducir el transporte manual facilitando equipos que cumplan con la función de manera rápida y fácil.

Se tiene que tomar en cuenta que la variación de traslado de herramientas, por actividad, nos manifiesta una posible descompensación de la distribución de las herramientas que podría afectar los tiempos, así como se debe considerar que estas detenciones se usan comúnmente para perder eficiencia en el proceso desconcentrándose ellos y/o a otros operadores.

Para el punto de “otros” se debe analizar si es producto de falta de actividades por realizar o un mal uso del tiempo disponible, donde se trabajará en una opción que busque regular estos tiempos de retardo que se tienen en el módulo.

Para este punto no se realiza un estudio de los movimientos, ya que los realizados en los puntos de mediciones por jornada y por equipo son una mejor referencia y la información queda representada de manera más clara.

Resumen oportunidad de mejora

- Buscar eliminar los retrabajos del área.
- Evaluar la incorporación de un ayudante de producción.
- Disminuir los tiempos de transporte y movimientos con la realización de una nueva distribución de los espacios.
- Mejorar la distribución de herramientas.

7.3. Mediciones por equipo

Para este punto, se realizó un estudio de los equipos que son considerados “estándar”, y se logró un mecanismo que entregue un tiempo estimado de realización, ya que los equipos difieren en los tamaños y en consecuencia en sus tiempos de elaboración, además de que pasan por distintos procesos según su tipo, esta información se resume de la siguiente forma:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Según sus características: | <input type="checkbox"/> Según su potencia |
| • B-FUN | • Pequeña: $<7[\text{kW}]$ |
| • B-AC | • Mediana: $7[\text{kW}] < x < 18[\text{kW}]$ |
| • Monoblock | • Grande: $18[\text{kW}] < x < 45[\text{kW}]$ |

**Bombas mayores a 45 [kW] no serán consideradas bombas estándar por su volumen y peso.*

Cabe señalar que las bombas inferiores a 45 [kW] representan más del 93% de la producción de bombas estándar (Dato calculado en base a información entregada por la empresa de producción durante el año 2019).

Para maximizar la información en un tiempo limitado, para hacer la línea base se optó por tomar cada tipo de bombas ligada a un grupo de potencia, abarcando una mayor gama de información.

Los tiempos son medias aritméticas de equipos realizados en paralelo. Esto con el fin de obtener un tiempo aproximado por equipo, de igual manera se hará un análisis en puntos posteriores.

Los tiempos de espera serán sub-divididos por actividad para poder definir de mejor forma los tiempos de impacto (A.V (+), N.V (+/-) o N.V (-)) y como afrontar los que representen una mayor pérdida.

- A.V (+): Actividad que agrega valor al proceso, se busca optimizar.
- N.V (+/-): Actividad que no agrega valor al proceso, pero es necesaria para su desarrollo, se buscan minimizar.
- N.V (-): Actividad que no agrega valor al proceso y no corresponden a tareas del proceso, se busca eliminar.

7.3.1. B-AC Pequeña

- N° de equipos: 4 equipos. (1 medición, 4 equipos en paralelo)
- Tiempo promedio por equipo: 4 hrs 20 min.

Tiempo por equipos

Tipo de impacto:	Tipo de actividad:	Tiempo [HH:MM]	Porcentaje
A.V (+) 58 %	Tiempo en línea	2:26	56 %
	Verificación o llenado de documentos	0:06	2 %
N.V (+/-) 17 %	Transporte equipos	0:10	4 %
	Espera por secado	0:29	11 %
	Limpieza del área	0:05	2 %
N.V (-) 25 %	Espera por transporte	0:04	2 %
	Espera por operario	0:12	5 %
	Traslado de herramientas	0:36	14 %
	Traslado de documentos	0:01	0 %
	Otros	0:12	4 %

Cuadro 13: TIEMPOS ACTIVIDADES B-AC PEQUEÑA

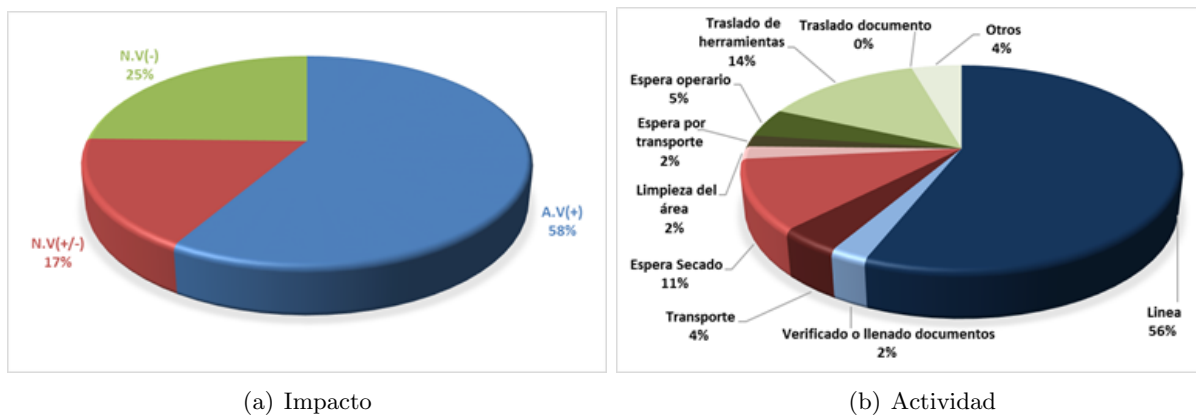


Figura 22: B-AC pequeñas, tiempos

Movimientos por equipos

Tipo [Impacto]	Área causal del movimiento	Distancia recorrida [m]	Porcentaje
N.V (+/-)	Armado	24	28 %
	Ensamble de conjunto	19	22 %
	Pintura	31	36 %
	Zona de entrega	12	14 %
	Totales	86	-

Cuadro 14: MOVIMIENTOS EQUIPO B-AC EN PRODUCCIÓN

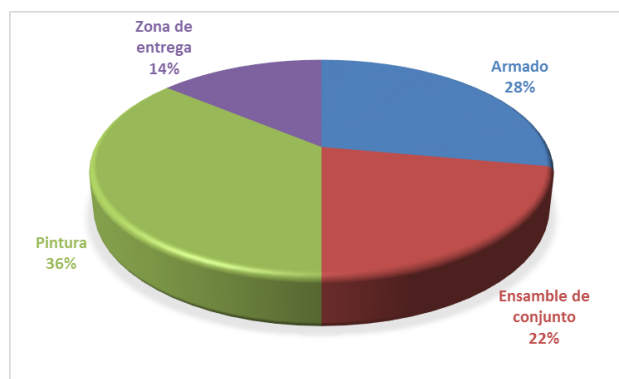


Figura 23: Equipo B-AC movimientos %

7.3.2. Monoblock Mediana

- N° de equipos: 4 equipos. (2 medición, 2 equipos en paralelo)
- Tiempo promedio por equipo: 3 hrs 50 min.

Tiempos por equipo

Tipo de impacto:	Tipo de actividad:	Tiempo [HH:MM]	Porcentaje
A.V (+) 31 %	Tiempo en línea	1:16	33 %
	Verificación o llenado de documentos	0:03	1 %
N.V (+/-) 41 %	Transporte equipos	0:23	9 %
	Espera por secado	1:15	30 %
	Limpieza del área	0:03	1 %
N.V (-) 25 %	Espera por transporte	0:55	21 %
	Espera por operario	0:03	1 %
	Traslado de herramientas	0:15	6 %
	Traslado de documentos	0:00	0 %
	Otros	0:01	1 %

Cuadro 15: TIEMPOS ACTIVIDADES MONOBLOCK MEDIANA

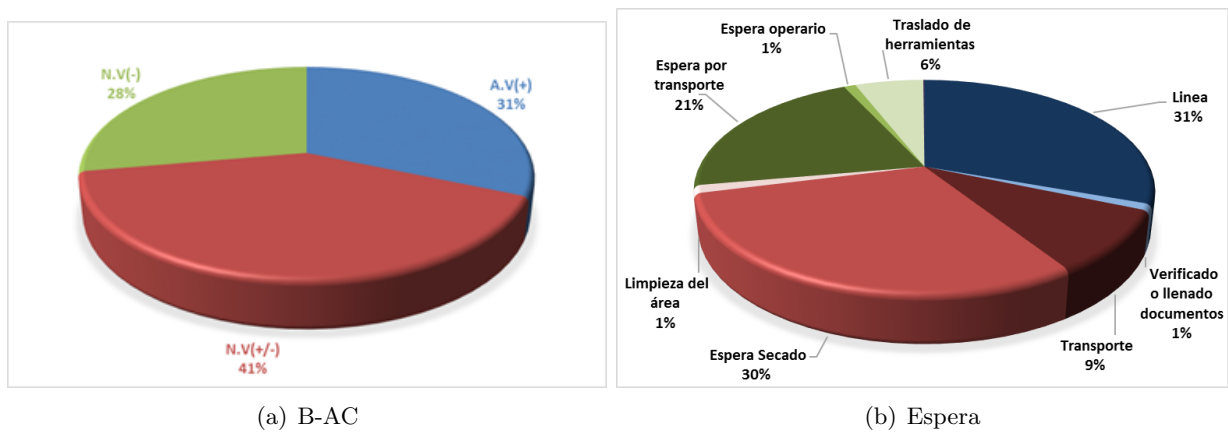


Figura 24: Monoblock mediana tiempos

Movimientos por equipos

Tipo [Impacto]	Área causal del movimiento	Distancia recorrida [m]	Porcentaje
N.V (+/-)	Armado	36	61 %
	Ensamble de conjunto	-	- %
	Pintura	14	24 %
	Zona de entrega	9	15 %
	Totales	59	-

Cuadro 16: MOVIMIENTOS EQUIPO MONOBLOCK EN PRODUCCIÓN

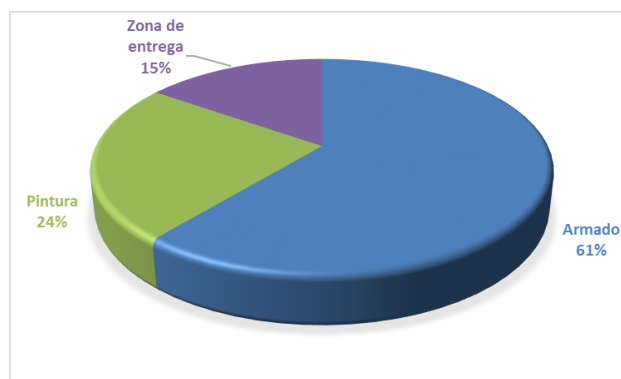


Figura 25: Equipo Monoblock movimientos %

7.3.3. B-FUN Grande

- N° de equipos: 3 equipos. (1 medición, 3 equipos en paralelo)
- Tiempo promedio por equipo: 4 hrs 27 min.

Tiempos por equipo

Tipo de impacto:	Tipo de actividad:	Tiempo [HH:MM]	Porcentaje
A.V (+) 56 %	Tiempo en línea	2:27	55 %
	Verificación o llenado de documentos	0:02	1 %
N.V (+/-) 19 %	Transporte equipos	0:26	10 %
	Espera por secado	0:25	7 %
	Limpieza del área	0:06	2 %
N.V (-) 25 %	Espera por transporte	0:39	9 %
	Espera por operario	0:15	5 %
	Traslado de herramientas	0:22	8 %
	Traslado de documentos	0:00	0 %
	Otros	0:07	3 %

Cuadro 17: TIEMPOS ACTIVIDADES B-FUN GRANDE

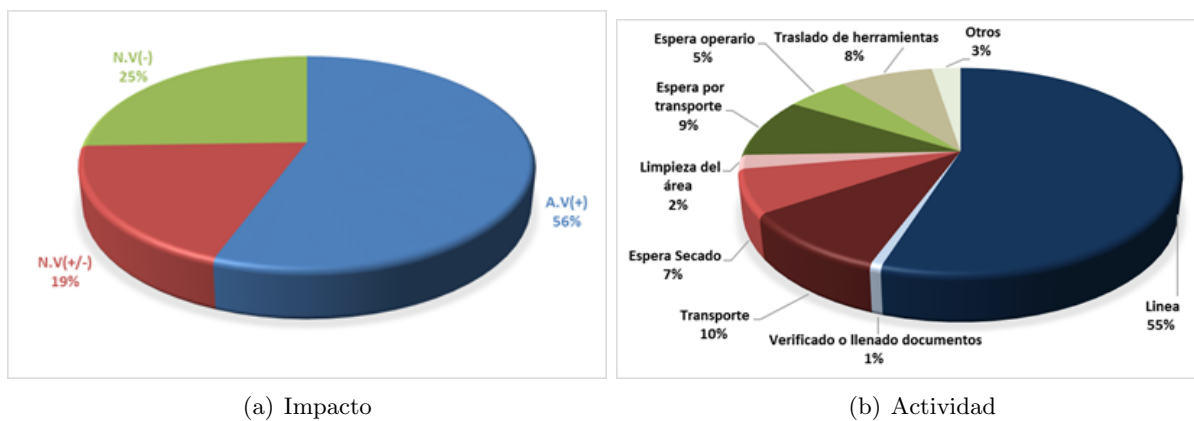


Figura 26: B-FUN grande, tiempos

Movimientos por equipo

Tipo [Impacto]	Área causal del movimiento	Distancia recorrida [m]	Porcentaje
N.V (+/-)	Armado	6	8 %
	Ensamble de conjunto	25	32 %
	Pintura	32	41 %
	Zona de entrega	15	19 %
	Totales	78	-

Cuadro 18: Movimientos equipo B-FUN en producción

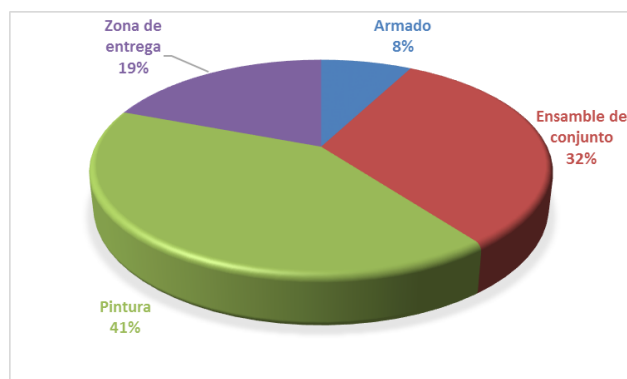


Figura 27: EQUIPO B-FUN MOVIMIENTOS %

Análisis mediciones por equipos

De los gráficos presentados, en figuras anteriores, se desprende que existe una directa relación entre el tamaño de los equipos y los tiempos relacionados al transporte (Transporte y espera de transporte). Esto es producto de que al aumentar su potencia también aumenta su volumen y peso, por lo que se necesitan equipos especiales para su movimiento como puente grúa o grúa horquilla, mientras que en los equipos pequeños una cierta cantidad de transportes se pueden hacer manualmente.

Se observa que los equipos tienen similares porcentajes en actividades que agregan valor y los tiempos promedios finales de elaboración de un equipo (Comparación entre B-AC (58 %,4:20) y B-FUN (56 %,4:27), ya que ambos se realizan por el mismo proceso), de esto se infiere que el aumento en tiempos de traslado, mencionados en el punto anterior, se ve contrarrestado con mayores tiempos de espera de los equipos pequeños. En cambio respecto a su tipo (al comparar ambos con los equipos Monoblock), sí se genera una variación en los tiempos de realización y porcentajes en actividades que agregan valor, esto producto que existe diferencia en los procesos que se efectúan.

Los equipos que pasan por el área de ensamble conjunto (B-AC y B-FUN) tienen un mayor tiempo en línea, ya que esta es la actividad más metódica y lenta por lo que su porcentaje en espera es relativamente menor, sin embargo con esta misma etapa aumentan los tiempos de traslado de herramientas lo que nos vuelve a indicar una oportunidad de mejora en la distribución de herramientas en esa actividad.

La variación de tiempos de secado es producto que se espera de un día a otro para retomar la actividad en el equipo después de pintura, lo que hace dependiente este tiempo de la hora de término de trabajo previo a pintura.

De los diagrama de Espaguetti, que se encuentran disponibles en los anexos, los cuales se resumen en las tablas presentadas, se desprende que no existe una clara continuidad de movimiento en los equipos lo que otorga una oportunidad de mejora, disminuyendo los tiempos y distancias de transporte, esto por medio de la designación clara de espacios o la redistribución de los ya existentes.

Resumen oportunidad de mejora

- Separación en líneas de trabajo según equipos por su tipo (los que tienen distintos procesos).
- Mejorar la distribución de herramientas.
- Incorporar equipo de secado, para estandarizar los tiempos de esta actividad.
- Disminuir los tiempos de transporte y movimientos con la realización de una nueva distribución de los espacios.

7.4. Mediciones puntuales

7.4.1. Mediciones ingreso componentes

Se realizó una comparación entre la planificación y el ingreso de componentes a producción, para contrastar la eficacia de la programación y la coherencia existente en este proceso. Se realizó el estudio en base a 49 órdenes de trabajos al ingresar los componentes al sistema y ser responsabilidad de producción. Este análisis tiene relación directa con pérdidas por deficiencia en la gestión que se buscan eliminar. Estas mediciones serán usadas como plan piloto, por su bajo costo de implementación, facilidad de llevar a cabo y evaluación de resultados en pocas semanas.

Estado ingreso componentes

En este paso se estudió el estado en que ingresan los bins al área de producción, separando en: Completas: Equipos con todos sus componentes, ingresan todos en la misma fecha. Incompletas, sin base: Equipos que ingresan al módulo sin la base en la misma fecha. Incompletas, sin otros: Equipos con uno o más de un componente faltante. (que no es sean la base por si sola)

Estado de la orden	Órdenes	Porcentaje [%]
Completas	15	31
Incompleta, sin base	29	59
Incompleta, sin otros	5	10

Cuadro 19: INGRESO COMPONENTES POR ESTADO

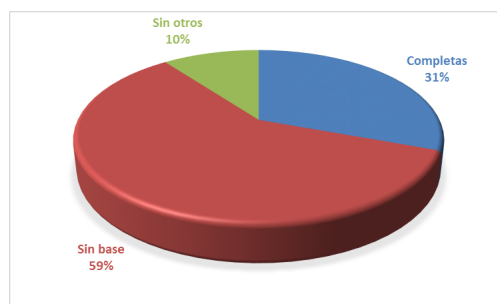


Figura 28: Estado de la orden al ingreso %

Análisis

Se observa que cerca del 70 % de las órdenes al ingresar no están completas, por lo que se genera desorden al buscar los componentes, ya que ingresan en distintas fechas. El principal componente faltante son las bases, producto que no se manejan en el mismo stock que los otros componentes.

Oportunidad de mejora

La oportunidad consta de aumentar en el control y solicitar a almacenes que no entregue equipos que no se encuentren completos, a no ser que se requiera de otro modo. Así aumentará el flujo de insumos, al no quedar postergados por no estar completos, además la situación de las bases se observará mejorada con un cambio en solicitud de las fechas de ingreso que se evidenciará en los siguientes puntos.

Fechas ingreso componentes

En esta etapa, se organizarán las órdenes de trabajo según su fecha de ingreso, recordando que se solicitan con un máximo de 7 días de anticipación y un mínimo de 2 días con el fin de tener tiempo para el mecanizado de componentes.

Tiempo hasta fecha de entrega	Órdenes	Porcentaje [%]
<menor a 4 días	2	4
Entre 4 y 7 días	25	51
>mayor a 7 días	22	45

Cuadro 20: INGRESO COMPONENTES POR FECHAS



Figura 29: Fecha de la orden al ingreso %

Análisis

Se observa en este punto que no se está cumpliendo la planificación, un 45% de los componentes llegan con más de una semana de anticipación, esto pese a que la planificación se hace en base a 3 días, por lo cual producción tiene que actuar como almacenes por un tiempo prolongado.

Oportunidad de mejora

Por lo que nos encontramos con una clara oportunidad de mejora, se tiene que aumentar el control de la planificación comparando lo solicitado con lo que se recepciona, al igual que evitar la liberación de la orden previa a necesitar los componentes. Se propone solicitar únicamente los rodets y acoples con anterioridad y los demás componentes que no ingresen con una fecha mayor a 2 días, esto con el fin de disminuir el almacén innecesario de componentes.

Además, de esta manera se mejora el estado de los componentes, al estar las bases disponibles y entrar en conjunto con los demás componentes.

Composición ingreso componentes

En este punto, se dividirán las órdenes de trabajo según la composición de los bins, esto diferenciando si la orden se encuentra sola en un bins o lo comparte con una o más órdenes de trabajo, además, se estudiarán las fechas que tienen estas órdenes de trabajo, identificando si son iguales o distintas dentro de un bins.

Composición del bins	Órdenes	Porcentaje [%]
1 orden por bins	12	24
2 órdenes por bins	24	49
Más de 2 órdenes por bins	13	27
Misma fecha de entrega	0	0

Cuadro 21: COMPOSICIÓN AL INGRESO COMPONENTES

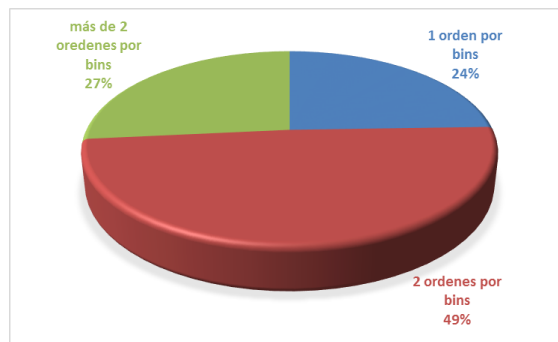


Figura 30: Composición de la orden al ingreso %

Análisis

Por último, los equipos que comparten bins en ningún caso son para la misma fecha de entrega, actividad que replica en un retrabajo visto en el análisis por jornada del operador 1 (Figura 10) al tener que sacar los bins de la línea para almacenarlos en el interior de producción hasta la fecha del siguiente equipo.

Oportunidad de mejora

La oportunidad de mejora en este caso consiste en mejorar el uso de los bins, solicitando a almacenes que su composición este dada por equipos únicos o que estén solicitados para la misma fecha de entrega, evitando los movimientos innecesarios de los bins fuera del módulo.

7.4.2. Mediciones a tareas puntuales

Para poder distinguir tiempos destinados, a tareas puntuales, se hicieron una serie de mediciones especiales para obtener promedios de esas actividades, así como también se solicitó en esta instancia el apoyo de los operadores del área para tomar un estimativo del tiempo que tardan en tareas específicas y que se anoten en la orden para posteriormente recolectar esta información.

Tipo de impacto	Actividad	Tiempo promedio [HH:MM]
A.V (+)	Realización de placas	00:05
N.V (+/-)	Reunión diaria bombas	00:15
N.V (-)	Rectificado base bombas	00:12
	Rectificado roscado bases	00:07
	Limado ejes y chavetas	00:05
	Rectificado pie de apoyo	00:10

Cuadro 22: PROMEDIOS DE ACTIVIDADES EN MÓDULO

Estos valores serán utilizados en los siguientes puntos como referencia de tiempos por actividades, para eliminar esos tiempos de ser posible o buscar la posibilidad de reducción u optimización en caso de ser imprescindibles o que agregan valor al equipo.

Análisis

Existe un delta del valor teórico de las reuniones diarias (10 minutos), con el valor medido, esta actividad esta contemplada como una pérdida por paradas planificadas. Las actividades N.V (-), en este caso todas retrabajos representan pérdidas por deficiencias en la gestión, de gran impacto al módulo.

Oportunidad de mejora

Se recomienda tomar las medidas para realizarla en el tiempo estipulado de las reuniones diarias. Esto buscando minimizar las pérdidas por paradas planificadas. Mientras que para los retrabajos se buscarán propuestas para eliminarlas en los siguientes puntos.

7.5. CRI

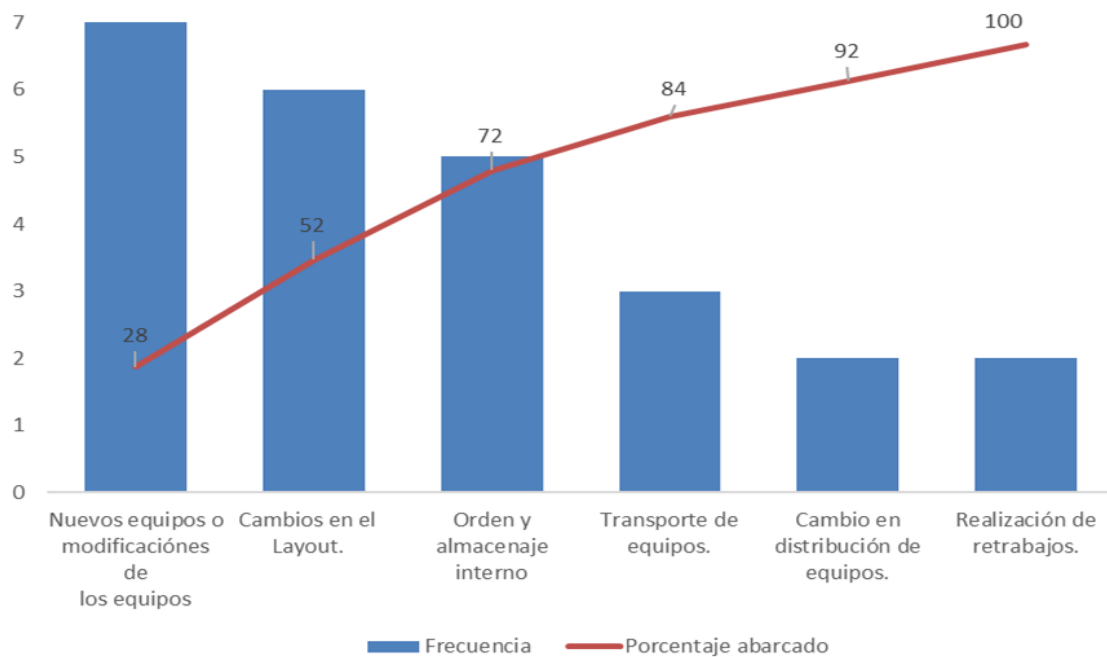
En el área de producción se obtuvieron 25 CRI (Anexo 63), para un mejor uso de ellos se realizarán agrupaciones según su tipo para su posterior procesamiento:

Criterio	Definición	Cantidad
Orden y almacenaje interno	Se refiere al desorden, falta de logística, tiempos de almacenaje o largos tiempos de búsqueda de componentes y programas de mantenencias actualizados	5
Transporte de equipos	Se refiere a los tiempos de espera o dependencia de equipos para moverse dentro o fuera del área	3
Cambios en el <i>Layout</i>	Son acerca de un cambio en el área producto de falta de espacios o para optimizar la línea	6
Nuevos equipos o modificaciones de los equipos	Facilitar una acción mediante la modificación de algún equipo para optimizar su funcionamiento, renovación de equipos por su deterioro o incorporación de nuevos equipos	7
Cambio en distribución de equipos	Se refiere a las búsquedas de herramientas por no tenerlas cerca del área de trabajo	2
Realización de retrabajos	Trabajos que reconocen no deberían realizarse y gastan el tiempo en ellos	2

Cuadro 23: CRI RECOLECTADOS EN PRODUCCIÓN

Para su análisis, se realizará un diagrama de Pareto, con los datos recolectados y así identificar los criterios más relevantes. [3]

Figura 31: Diagrama Pareto CRI



Análisis

En el gráfico anteriormente presentado se puede apreciar claramente como existe una concentración de los CRI en 3 de las agrupaciones:

- Nuevos equipos o modificaciones de equipos (28%)
- Cambios en el *Layout* (24%)
- Orden y almacenaje interno (20%)

Estas agrupaciones en su conjunto superan el 70% de los CRI recolectados y que fueron posibles de corroborar en el módulo.

Estas agrupaciones en su totalidad se ven involucradas en el presente estudio, buscando la solución de estos puntos por medio de:

- Incorporación de nuevos equipos y sus cotizaciones. (Punto 8 y 12)
- Nueva designación de espacios y *Layout* del módulo. (Punto 9,10 y 11)
- Análisis y propuestas de mejoras para el ingreso de insumos al área de producción. (Punto 6.4.1)

Esto lograría eliminar la totalidad de los CRI recolectados en el módulo, mejorando directamente la percepción que tiene el operador del módulo y haciéndolo partícipe de las soluciones escuchando sus opiniones y comentarios.

La importancia de los CRI radica en la oportunidad de centrar los esfuerzos en las actividades que generan un mayor problema para los operadores o personal del área, evitando que se realicen proyectos de mejoras en acciones que no tendrán un real impacto, esto refleja un aumento en la moral de los operadores al sentirse escuchados y partícipes de la toma de decisiones lo que conlleva una mayor productividad.

8. Manejo y uso de equipos

Es importante definir los usos que se dan a los equipos ya sean máquinas o herramientas, para verificar su necesidad y correcto uso, así como también para establecer un lugar estratégico para cada uno de ellos de acuerdo a su frecuencia de uso y seguridad de los operadores y productos.

Todo equipo que no esté en el listado, se considerará de carácter mensual, por su poca frecuencia de uso.

8.1. Máquinas.

Se definen como máquinas a las herramientas que utilizan una fuente de energía distinta del movimiento humano.

Maquinaria de transporte

- Grúa horquilla: Equipo de uso diario, se usa para transportar componentes a la línea desde almacén interno, traslado a pintura y retorno a la línea además de traslado de conjuntos terminados a despacho.
- Grúa pluma: Equipo de uso diario, traslado de componentes (Motor y bomba) a área de ensamble. La grúa posee restricciones de radio de giro que impiden una completa área de trabajo.
- Puente grúa: Uso semanal, se usa mayormente para llegar a posiciones que no lo hace la grúa pluma, uso para equipos pequeños de pesos inferiores a 400 kg, se usa también por comodidad del operador (Anexo 58).
- Traspaleta: Uso mensual, se usa muy poco, se espera a la grúa horquilla para los traslados de un área a otra.
- Carro de pintura: Uso diario, no se optimiza su uso al poder desplazarse en otras áreas, solo es usado dentro del área de pintura durante la actividad misma de pintado.

Maquinaria computacional

- Impresora de placas: Equipo de uso semanal, el cual se efectúa 2 o 3 veces a la semana, se hacen las placas de todas las bombas que entregó almacenes, en ocasiones se tiene que realizar una placa de manera solitaria al tratarse de un adelanto.

Maquinarias otras

- Soplete: Uso diario, se usa para calentar los acoples previos a ser montados en los ejes de la bomba y motor en etapa de ensamble conjunto.
- Inductor de calor: Uso semanal, se utiliza para calentar acoples es de menor frecuencia que el soplete por tiempos de trabajo y comodidad de desplazamiento.
- Rectificador neumático: Uso diario, se usa para modificar la base de la bomba o el pie de apoyo de ella, el equipo no debería ser utilizado por protocolo, pero está normalizado su uso. (Anexo 60)

- Pistola neumática: Uso mensual, esta no se ocupa por su alto peso y dificultad para variar el torque a valores puntuales.
- Aspirador neumático: Uso diario, para realizar limpieza a equipos y área posterior al uso del taladro.
- Chicharra neumática: Uso semanal, no se utiliza más por la contaminación acústica que produce.
- Taladro: Uso diario, se usa para perforaciones, protección y su roscado, perforaciones para placas y en casos específicos, para rectificación de roscados.
- Taladro pedestal: Uso mensual, se utiliza en bases que no vengán perforadas.
- Prensa: Uso semanal, se utiliza para cambiar el rodete en caso de ser necesario.
- Carro de limpieza: Uso diario, no se usa la máquina como tal, sino que, solo como recipiente para hacer de manera manual el desengrasado, esto producto de 3 factores: bajo nivel de desengrasante, mayor tiempo requerido por encendido y apagado y constantes fallas en la bomba de impulsión (Falta de mantención) (Anexo 62).

8.2. Herramientas

Se define herramienta como una prolongación de la actividad del operario, que facilita una acción, sin ella, esta acción puede ser efectuada de mala manera por las capacidades humanas.

El estudio se hizo a base del registro que entrega herramientas (Anexo 67) facilitado por la empresa y una actualización con el personal del área.

ensamble de bombas centrífugas cuenta con cuatro carros de herramientas de dos tamaños.

- Carros grandes: Uso diario, herramientas como llaves, dados, limas, taladros y otros se encuentran en ellos. Existen 2 ubicados uno en zona de armado y, el segundo en zona de corte.
- Carros pequeños: Uso diario, contienen una baja cantidad de herramientas, su contenido se centra en insumos de pequeño tamaño como pernos, golillas y laines, existen 2 carros los cuales se desplazan con el operador al momento de realizar una ensamble conjunto.

Uso de información

La información presentada en el reciente punto se utilizará a la hora de realizar el nuevo *Layout* del módulo, definiendo los espacios para equipos según su frecuencia de uso. Por otra parte, todo equipo nuevo que ingrese al módulo debe tener su protocolo de uso para lograr un correcto manejo y funcionamiento.

El inicio de este punto, corresponde a la etapa de verificar, en el plan de acción (p-h-V-a).

9. Identificación puntos críticos

Para la identificación de los puntos críticos no solo se trabaja con los tiempos, también, se toman en cuenta factores como productividad, calidad, seguridad, medio ambiente y costos. Con el fin de obtener una línea lo más óptima posible evitando los retrabajos, productos no conformes, incidentes y accidentes laborales. Este punto considerará algunas de las pérdidas mencionadas en el alcance, estas corresponden a: Pérdidas por paradas planificadas, pérdidas por fabricación de productos no conformes, pérdidas por deficiencias en la gestión y pérdidas por falta de sistemas automáticos.

En primera instancia se trabajará con los tiempos de equipos presentados en el punto 6.3, sin embargo, en esta oportunidad no se utilizarán las medias, sino que se hará un seguimiento más completo del equipo, considerando los tiempos que son independientes de la cantidad de equipos de forma total, estos tiempos corresponden al tiempo de secado, espera por transporte y por operario. Por otra parte, los otros tiempos de confección de equipos se conservarán los valores mencionados en el punto 6.3 utilizando la media.

Diseño de tareas en el análisis de tiempos.

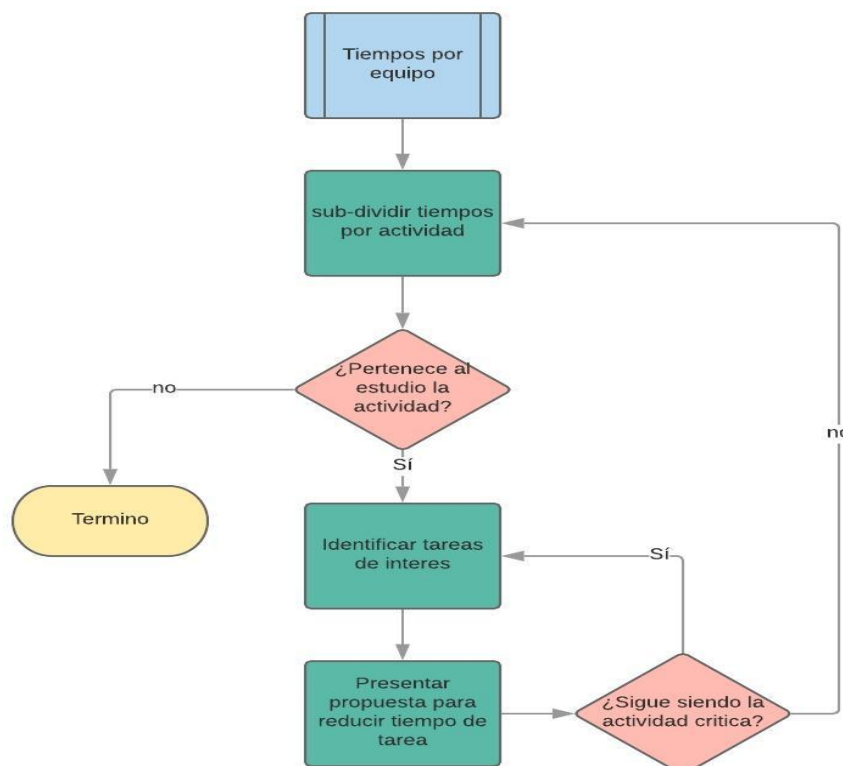


Figura 32: Diagrama puntos críticos

Se dividen los tiempos en línea en las distintas actividades del área, en primera instancia. Para favorecer la linealidad del proceso se tomará la actividad desde el armado hasta el traslado

a despacho, ya que en la actualidad no existe un orden en recepción imposibilitando su correcto estudio.

Luego se estudiarán los puntos relacionados a pérdidas mencionadas en el punto 4, identificar puntos críticos en módulo ensamble de bombas centrífugas.

El estudio se realizará por tipo de equipo, disminuyendo los tiempos hasta que no se presenten puntos críticos en actividades consideradas en el estudio o más los tiempos no se puedan reducir más, producto de ser tiempos mínimos por actividades. Cabe destacar que para las B-AC fueron 4 equipos en línea, las Monoblock 2 equipos en línea y las B-FUN 3 equipos en línea.

9.1. Puntos críticos B-AC

	<i>Armado</i>	<i>Preparación base</i>	<i>Ensamble conjunto</i>	<i>Pintura</i>	<i>Preparación para verificado</i>	<i>Verificado</i>	<i>Traslado a despacho</i>	<i>Total</i>
B-AC [HH:MM]	1:24	0:26	2:25	2:03	0:11	0:03	0:04	6:10

Cuadro 24: TIEMPOS POR ACTIVIDAD B-AC

El cálculo del tiempo total no considera el tiempo de preparación base, pues esta se realiza en paralelo al armado. En una primera instancia se evaluarán las tareas del ensamblado conjunto.

B-AC: Ensamble conjunto

Inicial:	2 horas 25 minutos.
Tarea de interés:	Espera después de alineación por traslado (20 minutos).
Propuesta:	Carro móvil sobre el cual se realiza el ensamble de conjunto y puede ser transportado por el mismo operador al terminar el ensamble.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 20 minutos, además se disminuye la dependencia de la grúa horquilla, se aumenta la seguridad del equipo, ya que cada vez que es levantado por la grúa existe una posibilidad de que caiga o golpee algo o a alguien, afectando al equipo y la seguridad de operadores en cercanías.
Tarea de interés:	Preparación para pintura (21 minutos).
Propuesta:	Externalizar la actividad de la línea, trasladar el equipo a pintura previo a realizar esta actividad, que pase a ser actividad del área de pintura.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 21 minutos, además en ocasiones esta actividad es realizada por los técnicos II cuando es un trabajo que no requiere especialización.
Final:	1 hora 44 minutos.

B-AC: Pintura

Con los cambios de preparación para verificado y el cambio efectuado en ensamble conjunto existe una variación de tiempos en pintura:

Inicial:	2 horas 35 minutos.
Tarea de interés:	Espera después de alineación por traslado (20 minutos).
Propuesta:	Instalación lámpara infrarroja para acelerar el proceso de secado.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 89 minutos (25 minutos de secado [8]), además se obtiene un secado y endurecimiento de pintura uniforme.
Final:	1 horas 06 minutos.

B-AC: Ensamble conjunto (Segunda iteración)

Inicial:	1 hora 44 minutos.
Tarea de interés:	Búsqueda herramientas (7 minutos).
Propuesta:	Como se observa en la figura 20 existe un considerable desplazamiento fuera de la zona de trabajo, estos son en la mayoría por búsqueda de pernos y golillas de mayor tamaño, ya que en los carros solo existe espacio para las pequeñas, es por esto que se propone una nueva área para estos insumos, ubicada al inferior de los polines, como ya existen para montaje, solo que estos estén dispuestos en dirección contraria a los ya existentes.
Beneficios:	Reducción en tiempos de 2 minutos, además aumentará la seguridad del personal al no tener que salir de su zona de trabajo y no pasar por la zona de traslados de monoblock a pintura y recepción de motores.
Tarea de interés:	Retrabajos realizados (roscado y limado acoples.)(8 minutos).
Propuesta:	Identificar esta situación como un problema, tomar las medidas con el proveedor que disponga de una protección, previo a pintura para no afectar los roscados y dar aviso al área de mecanizado de los problemas que implican la terminación de los trabajos.
Beneficios:	Reducción en tiempos de 8 minutos.
Tarea de interés:	Alineación (42 minutos).
Propuesta:	Cambiar reloj comparador por alineación láser.
Beneficios:	Se consulta a personal de post-venta y producción, los cuales han trabajado con equipos láser, dando a conocer que para condiciones como las presentadas en el área una alineación con equipos láser requiere mas tiempo por lo que no se obtendrían beneficios al respecto.

Tarea de interés:	Transporte de equipos (4 minutos).
Propuesta:	Realizar una línea con mayor continuidad disminuyendo a un 50% las distancias y tiempos de transportes.
Beneficios:	Reducción de tiempos en 2 minutos, además de aumentar continuidad de la línea.
Tarea de interés:	Limado eje bomba (2 minutos).
Propuesta:	Adquirir una herramienta de sujeción del eje, al momento de dar el torque a la bomba, sin que haga un efecto dañino en el eje de la bomba.
Beneficios:	Reducción de tiempos en 2 minutos, además de aumentar la calidad de los equipos.
Tarea de interés:	Limado base motor y bomba (5 minutos).
Propuesta:	Solicitar al proveedor implementar otro tipo de anticorrosivo en las bases de motor.
Beneficios:	Reducción de tiempos en 5 minutos, además de aumentar la seguridad del personal y equipos por hacer un trabajo en altura y con desprendimiento de partículas.
Tarea de interés:	Alineación (42 minutos).
Propuesta:	Realizar capacitación en alineación para llegar a los 30 minutos estipulados en los tiempos de armados (Documento facilitado por la empresa que reservan su uso).
Beneficios:	Reducción de tiempos en 12 minutos, además de aumentar las competencias del personal y la estandarización de los equipos.
Final:	1 hora 13 minutos.

B-AC: Armado

Inicial:	1 hora 24 minutos.
Tarea de interés:	Espera operario (47 minutos).
Propuesta:	Externalizar actividad de preparación para verificado del módulo, reduciendo este tiempo de trabajo y así el operador continúe con el ensamble del conjunto, sin esperar por espacio ni por falta de operadores.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 47 minutos, además de un aumento en la continuidad del proceso.

Tarea de interés:	Transporte componentes a la línea (5 minutos).
Propuesta:	Bins con barandas rebatibles, en el cual se pueda realizar el montaje de la bomba en el mismo espacio donde viene, se necesita que cada bins este compuesto por bombas del mismo día.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 2 minutos, además elimina las malas fuerzas y mal uso de equipos al levantar los componentes y llevarlos a la línea, se aumenta la seguridad del equipo, ya que cada vez que es levantado existe una posibilidad de que caiga o golpee algo o a alguien, afectando al equipo y la seguridad de operadores en cercanías.
Final:	1 hora 06 minutos.

B-AC: Relacionado a calidad, seguridad, medio ambiente y costos

Tarea de interés:	Armado: Apernado carcasa bomba.
Propuesta:	Adquirir nueva pistola neumática con menor peso y regulación de torque.
Beneficios:	Reducción de tiempo entre 1 a 3 minutos en B-FUN y B-AC, mejora en seguridad al reducir los esfuerzos realizados por los operadores, regulación rápida y metódica del torque.

Tarea de interés:	Armado: Traslado de equipos.
Propuesta:	Bins con barandas abatibles.
Beneficios:	Reducción de riesgos de caída de componentes y mejora en la seguridad del personal al realizar fuerzas en posiciones indebidas (Anexo [4]).

Tarea de interés:	Preparación base: re-roscado base.
Propuesta:	Solicitar al proveedor una protección al roscado previa al paso por pintura o verificar el estado de los roscados.
Beneficios:	Reducción en tiempo de 8-10 minutos, cumplimiento de la metodología y eliminar pérdidas como un retrabajo que no agrega valor al producto y aumento en la calidad del producto.

[HH:MM]	Armado	Preparación base	Ensamble conjunto	Pintura	Preparación para verificado	Verificado	Traslado a despacho	Total
B-AC medidos	1:24	0:26	2:25	2:03	0:11	0:03	0:04	6:10
B-AC estimados	0:30	0:19	1:18	1:06	-	0:03	0:04	3:01

Cuadro 25: TIEMPOS POR ACTIVIDAD FINAL B-AC

Para el cálculo del total, se tomó en cuenta que la preparación base puede realizarse en paralelo al armado, pese a que no se haga en su totalidad del tiempo (como fue en los casos medidos).

9.2. Puntos críticos Monoblock

	<i>Armado</i>	<i>Preparación base</i>	<i>Ensamble conjunto</i>	<i>Pintura</i>	<i>Preparación para verificado</i>	<i>Verificado</i>	<i>Traslado a despacho</i>	<i>Total</i>
Monoblock [HH:MM]	1:56	-	-	2:38	0:55	0:03	0:07	5:39

Cuadro 26: TIEMPOS POR ACTIVIDAD MONOBLOCK

Por lo tanto, en una primera instancia se evaluarán las tareas de pintura.

Monoblock: Pintura

Preparación para verificado corresponde a tiempo de pintura, con esto, este alcanza a 3 horas y 33 minutos.

Inicial:	3 hora 33 minutos.
Tarea de interés:	Secado (2:20 minutos).
Propuesta:	Instalación lámpara infrarroja para acelerar el proceso de secado.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 115 minutos (25 minutos de secado [8]), además se obtiene un secado y endurecimiento de pintura uniforme.
Tarea de interés:	Espera por operario (41 minutos).
Propuesta:	Producto que la preparación para la verificación, se hace a primera hora, de todos los equipos existe un delta de tiempo generado por la espera del equipo, mientras se trabaja en los otros generalmente las monoblock son las últimas en el proceso.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 41 minutos al ser un proceso continuo y constituir una actividad realizada inmediatamente después del secado el mismo día.
Final:	0 hora 57 minutos.

Monoblock: Armado

Inicial:	1 hora 56 minutos.
Tarea de interés:	Rectificación base bomba y rectificación roscado (20 minutos).
Propuesta:	Aplicar la herramienta 5 porque definiendo la raíz de los problemas, ya que este puede ser problema de fundición, planos o problemas en las medidas de las bases, para el caso de las bases solicitar el cubrimiento de estas previo a ser pintadas.
Beneficios:	Si el problema resulta en los planos o bases, se rectificarían estos o se hablaría con el proveedor, para ajustar los productos reduciendo los 20 minutos totales, de ser un problema con la fundición se recomienda un equipo que agilice este proceso y se reduzca un porcentaje de este tiempo.
Tarea de interés:	Espera por transporte (58 minutos).
Propuesta:	Carro similar al de ensamble conjunto, con la posibilidad de trasladar el equipo terminado inmediatamente después de completar el ensamble para enviarlo a pintura.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 58 minutos, además se disminuye la dependencia de la grúa horquilla, se aumenta la seguridad del equipo ya que cada vez que es levantado por la grúa existe una posibilidad de que caiga o golpee algo o a alguien, afectando al equipo y la seguridad de operadores en cercanías.
Final:	0 hora 28 minutos.

Monoblock: Relacionado a calidad, seguridad, medio ambiente y costos

Tarea de interés:	Armado: Búsqueda herramienta armado.
Propuesta:	Crear un carro de herramientas para el área de armado de Monoblock.
Beneficios:	Reducción de tiempo en 5 minutos en armado Monoblock al disminuir las búsquedas, devoluciones de herramientas y espera de ellas y mayor calidad al usar herramientas especiales para la actividad.

[HH:MM]	Armado	Preparación base	Ensamble conjunto	Pintura	Preparación para verificado	Verificado	Traslado a despacho	Total
Monoblock medidos	1:56	-	-	2:38	0:55	0:03	0:07	5:39
Monoblock estimados	0:23	-	-	0:57	-	0:03	0:07	1:30

Cuadro 27: TIEMPOS POR ACTIVIDAD FINAL MONOBLOCK

9.3. Puntos críticos B-FUN

	<i>Armado</i>	<i>Preparación base</i>	<i>Ensamble conjunto</i>	<i>Pintura</i>	<i>Preparación para verificado</i>	<i>Verificado</i>	<i>Traslado a despacho</i>	<i>Total</i>
B-FUN [HH:MM]	1:36	0:19	1:49	1:14	1:16	0:04	0:06	6:05

Cuadro 28: TIEMPOS POR ACTIVIDAD B-FUN

El cálculo del tiempo total no considera el tiempo de preparación base, pues esta se realiza en paralelo al armado. En una primera instancia se evaluarán las tareas del ensamblado conjunto.

B-FUN: Ensamble conjunto

Inicial:	1 hora 49 minutos.
Tarea de interés:	Espera después de alineación por traslado (0:26 minutos).
Propuesta:	Carro móvil sobre el cual se realiza el ensamble de conjunto y puede ser transportado por el mismo operador al terminar el ensamble.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 26 minutos, además, se disminuye la dependencia de la grúa horquilla, se aumenta la seguridad del equipo ya que cada vez que es levantado por la grúa existe una posibilidad de que caiga o golpee algo o a alguien, afectando al equipo y la seguridad de operadores en cercanías.
Tarea de interés:	Preparación para pintura (10 minutos).
Propuesta:	Externalizar la actividad de la línea, trasladar el equipo a pintura previo a realizar esta actividad, que pase a ser actividad del personal de pintura.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 21 minutos, además en ocasiones esta actividad es realizada por los técnicos II cuando es un trabajo que no requiere especialización.
Final:	1 hora 13 minutos.

B-FUN: Pintura

Con los cambios de preparación para verificado y el cambio efectuado en ensamble conjunto existe una variación de tiempos en pintura:

Inicial:	2 horas 40 minutos.
Tarea de interés:	Secado (55 minutos).
Propuesta:	Instalación lámpara infrarroja para acelerar el proceso de secado.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 30 minutos (25 minutos de secado [8]), además se obtiene un secado y endurecimiento de pintura uniforme.
Tarea de interés:	Espera por operario (51 minutos).
Propuesta:	Producto que la preparación para la verificación, se hace a primera hora de todos los equipos, existe un delta de tiempo generado por la espera del equipo, mientras se trabaja en los otros y la verificación comúnmente es realizada cuando todos los equipos están terminados.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 51 minutos al ser un proceso continuo y ser una actividad realizada inmediatamente después del secado el mismo día.
Final:	0 horas 54 minutos.

B-FUN: Armado

Inicial:	1 hora 36 minutos.
Tarea de interés:	Transporte componentes a la línea (0:14 minutos).
Propuesta:	Bins con barandas rebatibles, en el cual se pueda realizar el montaje de la bomba en el mismo espacio donde viene, se necesita que cada bins esté compuesto por bombas del mismo día.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 10 minutos, además elimina las malas fuerzas y mal uso de equipos al levantar los componentes y llevarlos a la línea, se aumenta la seguridad del equipo, ya que cada vez que es levantado existe una posibilidad de que caiga o golpee algo o a alguien, afectando al equipo y la seguridad de operadores en cercanías.
Tarea de interés:	Espera operador (44 minutos).
Propuesta:	Externalizar actividad de preparación para verificado del módulo, reduciendo este tiempo de trabajo en la línea y optando a que el operador continúe con el ensamble del conjunto sin esperar por espacio ni por falta de operadores.
Beneficios:	Reducción en un tiempo de 44 minutos, además de un aumento en la continuidad del proceso.
Final:	0 hora 42 minutos.

B-FUN: Relacionado a calidad, seguridad, medio ambiente y costos

Tarea de interés:	Armado: Apernado carcasa bomba.
Propuesta:	Adquirir nueva pistola neumática con menor peso y regulación de torque.
Beneficios:	Reducción de tiempo entre 1 a 3 minutos en B-FUNy B-AC, mejora en seguridad al reducir los esfuerzos realizados por los operadores, regulación rápida y metódica del torque.
Tarea de interés:	Armado: Traslado de equipos.
Propuesta:	Bins con barandas abatibles.
Beneficios:	Reducción de riesgos de caída de componentes y mejora en la seguridad del personal al realizar fuerzas en posiciones indebidas (Anexo [4]).
Tarea de interés:	Preparación base: re-roscado base.
Propuesta:	Solicitar al proveedor una protección al roscado previa al paso por pintura o verificar el estado de los roscados.
Beneficios:	Reducción en tiempo de 8-10 minutos, cumplimiento de la metodología y eliminar pérdidas como un retrabajo que no agrega valor al producto, aumento en la calidad del producto.

[HH:MM]	Armado	Preparación base	Ensamble conjunto	Pintura	Preparación para verificado	Verificado	Traslado a despacho	Total
B-FUN medidos	1:36	0:19	1:49	1:14	1:16	0:04	0:06	6:05
B-FUN estimados	0:42	0:12	1:13	1:19	-	0:03	0:05	3:22

Cuadro 29: TIEMPOS POR ACTIVIDAD FINAL B-FUN GRANDE

9.4. Tiempos estimados

A continuación, se presentará una tabla resumen con los tiempos iniciales por proceso para un equipo y los tiempos estimados que se lograrían con las propuestas:

Equipos	Tiempos iniciales [HH:MM]	Tiempos propuestos [HH:MM]	Porcentaje Disminuido
B-AC PEQUEÑA	6:10	3:01	51 %
Monoblock MEDIANA	5:39	1:30	73 %
B-FUN GRANDE	6:05	3:22	45 %

Cuadro 30: TIEMPOS POR EQUIPOS FINALES (SITUACIÓN 1 EQUIPO)

Esta situación sería efectiva para el caso de que la orden fuera por un equipo, o solo se trabaje con un equipo por simultáneo, pero en la práctica, se busca trabajar con más de un equipo en paralelo, lo que hace que estos tiempos de realización de un equipo varíen en la situación actual. Sin embargo, a diferencia de la situación actual, en el nuevo escenario, estos tiempos estimados no varían al calcular el promedio o hacer análisis de cada equipo por si solo, producto de que el tiempo de secado es independiente para cada equipo y se eliminaron otras actividades mencionadas al inicio de este punto.

Equipos	Tiempos promedios [HH:MM]	Tiempos propuestos [HH:MM]	Porcentaje disminuido
B-AC (4 Equipos)	4:20	3:01	30 %
Monoblock (2 Equipos)	3:50	1:30	61 %
B-FUN (3 Equipos)	4:27	3:22	24 %

Cuadro 31: TIEMPOS POR ÓRDENES DE TRABAJO FINALES(SITUACIÓN EQUIPOS EN PARALELO)

Se realiza un esquema para clarificar la información presentada en los cuadros 30 y 31.

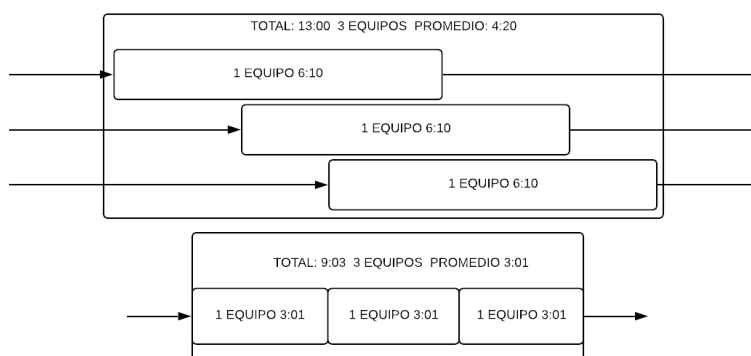


Figura 33: Ejemplo tiempos para B-AC

El grafico, que se presenta a continuación, representa en cuánto se contrarrestan los valores promedios actuales que maneja la empresa para la producción de los equipos versus la estimación de tiempos que se obtendrían por medio del presente plan hasta este punto, considerando únicamente las mejoras ya mencionadas, esto significa que esta no será la propuesta final del proyecto.

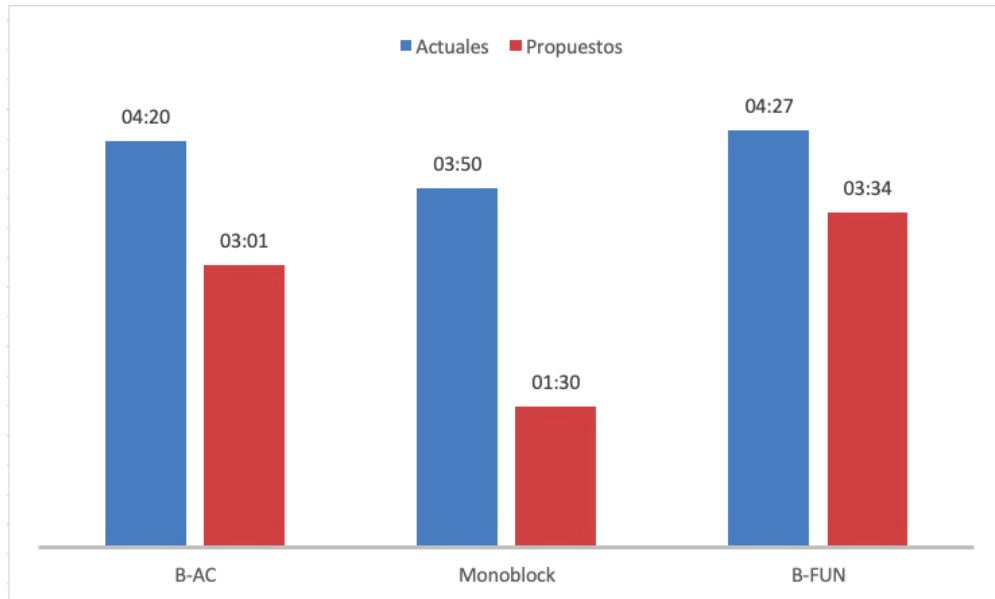


Figura 34: Tiempos actuales vs estimados por equipos en paralelo

Estos tiempos propuestos se verán reducidos al considerar el nuevo *Layout*, optimizando los tiempos de transporte de los equipos.

Para una mayor eficiencia y cumplimiento de estas actividades en los tiempos estipulados, se propone incorporar en lugares de frecuente recurrencia (área de reuniones, zona de descansos y área de comunicaciones) señales que informen sobre los horarios de los descansos, uso de los teléfonos y horarios y encargados de limpieza por módulo, este concepto nace de la fábrica visual y cómo esta herramienta ayuda a mejorar la comunicación en las diferentes líneas.

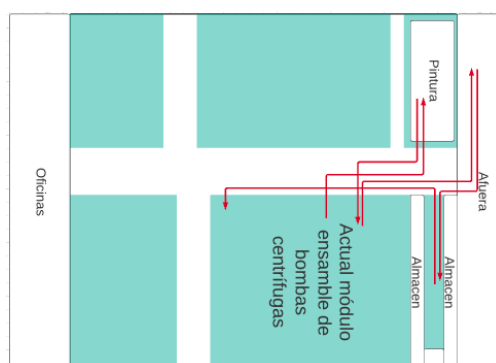
En este punto se da comienzo a la ultima etapa del ciclo, correspondiente a actuar en el plan de acción (p-h-v-A).

10. Evaluar la mejor ubicación para módulo bombas centrífugas

10.1. Situación actual

La ubicación será seleccionada en base a un estudio que involucra factores de costos, productividad, seguridad, medio ambiente y calidad, seleccionando el que represente un mayor beneficio para la empresa. Para poder efectuar una evaluación de la mejor opción de ubicación primero, se realizó un plano con la posición actual y los movimientos que presentan los equipos dentro de la línea de producción, donde todos los equipos presentan un mismo ingreso al área.

Figura 35: Distribución actual línea ensamble de bombas centrífugas



Del puntos 6.3 se determinaron tiempos de transporte totales entre 10 y 26 minutos por equipo realizados por operadores del módulo, esto involucra tiempos internos del módulo como movimientos fuera de él.

	Transportes en módulo. [HH:MM]	Transportes fuera del módulo. [HH:MM]	Transportes fuera del módulo. [METROS]
M.B-AC Pequeña	00:03	00:07	84
Monoblock Mediana	00:03	00:18	118
B-FUN Grande	00:17	00:09	84

*Los tiempos y distancias presentados contemplan desde el ingreso del primer insumo al módulo.

Cuadro 32: TIEMPOS TRASLADOS EN Y FUERA DE MÓDULO POR EQUIPOS

El aumento de los tiempos de transporte para los equipos Monoblock son producto de que para llegar a ellos se tienen que mover otros equipos o componentes, además el operador es el encargado de buscar la base afuera, mientras que en los equipos B-FUN y B-AC el líder se encarga de moverlos.

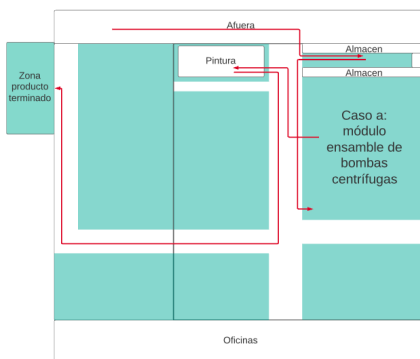
Caso	[m ²]	Área trabajo	Área pintura	Racks almacenaje	Área bases	Área motores	Zona producto terminado	Total
Situación actual		143.52	36.8	31.52	12	18.24	22.4	263.48

Cuadro 33: ÁREA EN METROS CUADRADOS OCUPADOS POR ENSAMBLE DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

10.2. Ubicaciones propuestas

En base a los espacios disponibles y sus restricciones se lograron efectuar tres alternativas, en donde de color azul se demarca los espacios disponibles mientras que de color rojo se trazan la línea de producción de los equipos. Estos planos serán incorporados en anexos 64 para una mejor visualización.

Figura 36: Alternativa (a) distribución módulo ensamble de bombas centrífugas.



Caso a:

- Conservar bombas estándar en la misma zona, modificando equipos y distribución.
- Tiene que tener acceso y salida diferenciada.
- Creación zona producto terminado.
- Restricciones: Pintura y almacén interno no se pueden modificar.

Caso b:

- Mover bombas estándar dentro de la actual área de producción, modificando equipos y distribución.
- Tiene que tener acceso y salida diferenciada.
- Creación zona producto terminado.
- Restricciones: Pintura y almacén interno no se pueden modificar.

Figura 37: Alternativa (b) distribución módulo ensamble de bombas centrífugas.

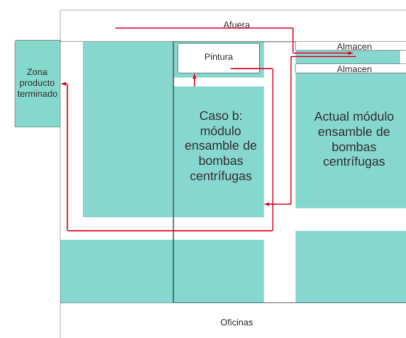
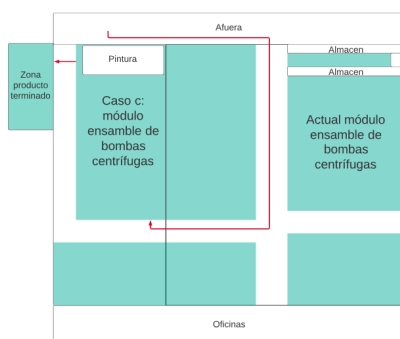


Figura 38: Alternativa (c) distribución módulo ensamble de bombas centrífugas.



Caso c:

- Mover bombas estándar a nueva área de producción, modificando equipos y distribución.
- Tiene que tener acceso y salida diferenciada.
- Creación zona producto terminado.
- No posee restricciones de módulos relacionados.

El pasillo utilizado solo es referencial, ya que no se maneja sus dimensiones definitivas.

De estas tres opciones se realizará una lista con las ventajas y desventajas de cada una y así tomar una decisión, se tendrá en cuenta los tiempos teóricos que representan cada opción realizado por distancias y tiempos que existen en el modelo actual (Se usará en base a la situación actual un promedio de 10.5 metros por minuto en traslado de equipos, promedio en base a tiempos de B-AC y B-FUN).

Todos los casos presentan iguales mejoras en seguridad, calidad y medio ambiente, ya que los equipos y herramientas para estos casos son aplicables para los tres modelos, dejando como factores relevantes de la elección el costo y la productividad estimadas.

Caso \ [m ²]	Área trabajo	Área pintura	Racks almacenaje	Área bases	Área motores	Zona P. terminado	Total	Diferencia actualidad
(a)	143.52	36.8	31.52	12	18.24	28.3	270.38	+6.9
(b)	111.19	36.8	31.52	12	18.24	28.3	238.05	-25.43
(c)	125.41	32.72	17.92	13.8	-	28.3	218.15	-45.33

Cuadro 34: ÁREA EN METROS CUADRADOS OCUPADOS POR CADA PROPUESTA

Los gastos asociados a instalación de la nueva línea no se considerarán, ya que se asume que al realizar cualquiera de los 3 casos se incurrirían en gastos similares, además, para definir los tiempos se asume que la línea seguiría su funcionamiento actual hasta estar la nueva línea lista para ser operada por lo que no habrían tiempos de detención por cambio.

10.3. Selección ubicación

En base a la información recopilada e información consultada al Jefe de producción se realiza una tabla resumen con los valores estimados de cada caso, con esta información se procederá a tomar la decisión de la mejor ubicación para el módulo. Como aun no se puede estimar la producción de cada caso, se usará la producción actual (1470 Anuales) y un margen por equipo de 2% (Valor NO entregado por la empresa, se realizó un supuesto en base a mercado actual, ya que se asume que es igual a arriendo por sitio)

Por medio de los valores que se señalan en el cuadro 43 (Valores promedio por equipo), se determina que el costo promedio de un minuto en el área de producción actual es de 12 USD (\$8.660).

El valor por m² fue calculado en base a opciones disponibles en línea, buscando similares ubicaciones y características, en donde se determinó un valor de \$3.500 mensuales.

Costos traslados calculados con 3 o 5 operadores por 3 días, con un costo de \$15.000 por operador diario. mientras que los costos de infraestructura ascienden a \$1.000.000 por concepto de instalación de línea neumática, iluminación, demarcado de áreas, pasillos y otros gastos.

Factor de interés	Situación (a)	Situación (b)	Situación (c)	Tipo de inversión
m recorridos (84)	+9 [m]	-12 [m]	-76 [m]	Costo fijo por equipo
Valor por metro	+\$148	-\$198	-\$1.254	
valor total	+\$217.560	-\$291.060	-\$1.843.380	
m ² (263.5)	+6.9	-25.4	-45.3	Costo fijo mensual
Valor mensual	+\$24.150	-\$88.900	-\$158.550	
valor total (anual)	+\$289.800	-\$1.066.800	-\$1.902.600	
Costos traslado	0	\$ 135.000	\$ 225.000	Costo único
Tiempo traslado	0	0	0	
Valor				
Costos infraestructura	0	0	\$ 1.000.000	
Total (Anual)	+ \$507.360	- \$ 1.222.860	- \$ 2.520.980	

Cuadro 35: TABLA RESUMEN SELECCIÓN UBICACIÓN

Con esta información se propone el caso (c) como la mejor ubicación para el módulo ensamble de bombas centrífugas, esto por sus bajas distancias de traslados y cercanías con otras áreas relacionadas con la línea de producción, buscando minimizar los tiempos de traslados de equipos y componentes. Esta mejor distribución representa un ahorro de \$ 2.520.980 en un año, valor que ascendería con un aumento de producción en los siguientes años.

11.2. Consideraciones flujo movimiento

El fin de este punto es encontrar una línea óptima para el desarrollo de equipos, para esto tomando en cuenta que la producción de equipos es contra pedido (sistema pull), se utilizará un *Layout* orientado en el proceso, minimizando los traslados tanto dentro como fuera del módulo y evitando las causales de pérdidas del módulo.

Como adicional se buscará la manera de eliminar la dependencia de la grúa horquilla y de evitar los izajes de equipos durante el proceso, los cuales implican un riesgo para los equipos y personal del área. Esto se logrará mediante el diseño de una zona específica de izaje, donde los componentes harán ingreso a ese espacio por separado en lugares delimitados.

Si bien se observa que en la actualidad existe una línea tipo “U”, la realidad es que esta no se cumple, puesto que no existe una continuidad en la línea respecto a las entradas y salidas en traslados internos y externos, además co-existen los equipos B-FUN, B-AC y Monoblock en la misma línea pese a que tienen diferente proceso. Por este motivo, se plantea la realización de 2 líneas separadas, Monoblock y B-FUN - B-AC, donde cada una tendrá su propio ingreso y salida optimizando ambas producciones.

Se hará un estudio donde se buscará mejorar los cuatro elementos básicos de la producción; métodos, materiales, equipos y mano de obra, se usarán como guía referencial los libros “Cellular manufacturing” [14] y “Pull Production” [15].

Además, en esta instancia, se trabajará en base a los CRI que surgieron durante la elaboración de la propuesta, buscando responder a ellos y eliminar los puntos de mayor relevancia mencionados, esto ayuda tanto a mejorar la producción como cautivar a los operadores al sentirse un ente participativo y escuchado en el proceso.

Se realizará la línea pensando en equipos de un máximo de 45 KW lo cual implica un peso máximo de 750 kg por equipo para el caso de bombas B-AC y B-FUN. Los equipos de mayor potencia serán considerados como equipos especiales, los cuales se realizarán en otro módulo de la empresa.

Considerando solo equipos menores a 45 KW, los cuales en base a la producción de lo que va del año 2019 (enero-agosto), equivalen a un 93% de la producción, se realiza un análisis de tipos de equipos, este será fundamental para determinar los espacios que se designarán a cada proceso, en el se determina que el 7% corresponden a equipos B-AC, 59% a equipos B-FUN y un 34% a equipos Monoblock.

El diseño incorpora estaciones de armado, siendo este un espacio focalizado donde se encuentran todos los equipos necesarios para el armado de una bomba, se proponen cuatro cabinas para el sector de B-FUN y B-AC y dos adicionales para el sector de Monoblock. Estas estaciones compartirán cada dos un carro de herramientas y limpieza, contarán con gavetas plásticas para insumos, un panel de organizador mural para herramientas de uso frecuente, teclé para facilitar el montaje de equipos de mayor potencia (Opcional) y línea neumática. Además, se evalúa la incorporación de una de estas estaciones de trabajo, en el área de producto terminado.

11.3. Consideración ergonómicas

Como el presente estudio considera la productividad total, producción, calidad, costos y seguridad, un factor importante a considerar es la seguridad de la línea, la cual se ve reflejada en días con licencia por accidentes, enfermedades o lesiones producto del lugar de trabajo, es este último punto el que se ve involucrado en los aspectos ergonómicos del puesto de trabajo.

Un espacio ergonómico es aquel que se adapta de manera perfecta a las necesidades de los operadores, dentro del ambiente de trabajo. [16]

Una ventaja de las estaciones de trabajo es la ergonomía que se puede incorporar en ellas, logrando que todo se encuentre a una distancia cercana del operador, evitando movimientos perjudiciales para alcanzar los insumos o equipos con los que trabajará, además se consideró al tratarse de una actividad de pie y con equipos pesados una altura de mesón de trabajo no superior a las 35 pulgadas(890 milímetros) [7], también, se consideraron focos en cada estación de trabajo para mejorar la iluminación en el área de trabajo.

Otro aspecto considerado son los puntos de izaje, en donde se tienen que considerar equipos de izaje que abarquen toda área en la que se hará el levantamiento de un equipo o componente, esto evita realizar fuerzas indebidas por los operadores, los puntos de interés son zona de montaje y ensamble de conjunto.

En consideración a los puntos presentados se realizó una primera propuesta para el área de bombas B-AC y B-FUN, implementando estaciones de trabajo y áreas dentro del módulo para bases y motores.

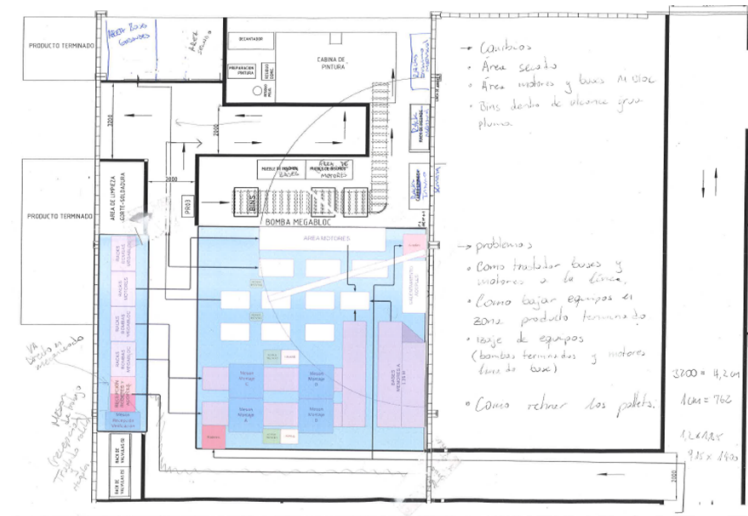


Figura 42: *Layout* propuesto II

Posterior a realizar esta propuesta y agregar líneas de seguimiento a los movimientos por equipos, se observa como existe un movimiento redundante al momento del ingreso de rodetes y acoples, puesto que estos son entregados posteriormente al área de mecanizado para su preparación previa al ingreso del módulo. Por esto, se plantea retirar esta zona de ingreso de insumos del módulo y generar uno en el área de mecanizado, acción que fue vista de buena manera por personal de la empresa.

Se realizará un análisis de los beneficios y desventajas que otorgarán las estaciones de trabajo al simular su funcionamiento en el *Layout*.

- Beneficios:
 - Equipos de uso diario en estación de trabajo, logrando una mejor estandarización del trabajo (Se eliminan pérdidas por fabricación de productos defectuosos)
 - Independencia de módulo.
 - Posibilidad de incorporar un área de recepción de bases y motores en módulo.
- Desventajas:
 - Dificultad de mover los equipos fuera de la estación.
 - Necesita una mayor planificación para que no se produzcan esperas por equipos no terminados, en estaciones posteriores a la usada.

Estos beneficios significan una mejora en el módulo, delimitando las áreas de izaje y los tiempos de traslado de componentes, por otra parte, las desventajas son atribuidas a problemas de planificación (la cual tiene que ser ordenada y clara) o casos excepcionales que no deberían suceder. Por lo que se considera la estación de trabajo como una opción factible y conveniente para el módulo.

Teniendo esta experiencia se replican las estaciones de trabajo en el área de Monoblock y área de preparación para el verificado (Zona de producto terminado), además de designar un área de secado. Obteniendo el siguiente *Layout*.

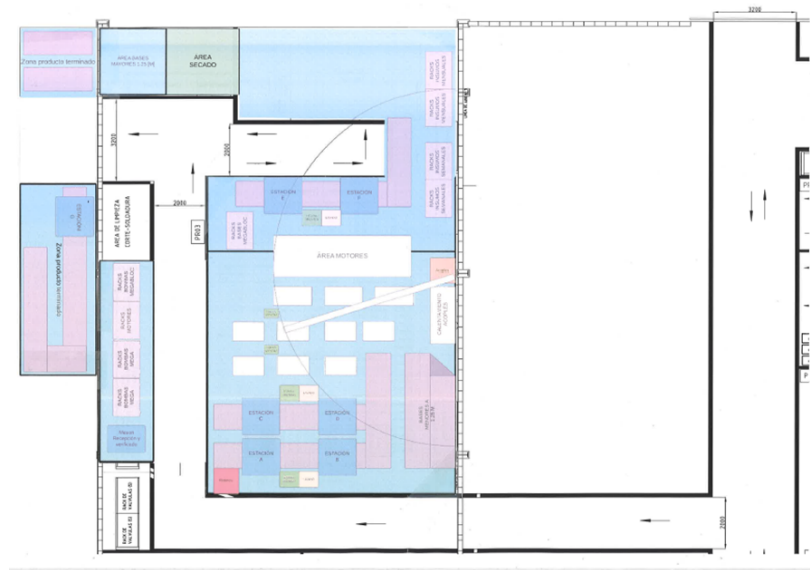


Figura 43: *Layout* final

Este *Layout* responde a las problemáticas que presenta el *Layout* propuesto por la empresa en su inicio, delimitando la zona en que se producen los izajes e incorporando áreas para bases y motores, además en él se aprecia como se agregaron estaciones de trabajo y línea de polines en el área de producto terminado, la cual facilitará sus movimientos de descarga de equipos junto con la designación de un área de secado de equipos, que no estaba contemplada en los *Layout* iniciales.

Esta propuesta presenta Racks de insumos y herramientas los cuales son coherentes con el punto 7 (manejo y uso de equipos), separándolos por su frecuencia de uso semanal y mensual, mientras que las herramientas y equipos de uso diario se encuentran en las estaciones de trabajo, disminuyendo de esta manera los tiempos de traslado del operador en búsqueda de equipos o insumos.

Estos cambios repercuten en las distancias que se mueven los equipos y tiempos de armado de equipos. Los movimientos son calculados por mediciones promedios sobre el mismo *Layout*, donde los procesos de los equipos B-AC y B-FUN comparten las mismas rutas y distancias, las cuales son calculadas como 39 metros, por otra parte los equipos Monoblock, al estar más cerca del área de pintura las distancias disminuyen quedando en 18 metros.

Mientras que los tiempos serán recalculados en base a la información recopilada en el punto 9.1 (Situación actual), reduciendo los tiempos de transporte de acuerdo a las nuevas distancias del *Layout* final y asumiendo la misma velocidad de movimiento actual (10.5 m/min).

Equipos	Tiempos actuales (Medidos) [HH:MM]	Distancias estimadas recorridas[m]	Velocidad promedio [m^2/min]	Tiempos estimados [HH:MM]
B-AC	00:10	39	10.5	00:04
Monoblock	00:22	18	10.5	00:02
B-FUN	00:26	39	10.5	00:04

Cuadro 37: TIEMPOS FINALES ESTIMADOS

Con estos nuevos valores de distancias y tiempos estimados para la nueva línea se calcula el tiempo final de producción de equipos tomando los valores calculados en el punto 8 (Identificación de puntos críticos) y reduciéndolos en base a lo indicado en el cuadro anterior.

Luego, se hará una comparación con la situación actual, calculando la disminución que implicará estos cambios y como repercutirá en los tiempos totales de producción, para hacer el cálculo de la manera más fidedigna posible, los valores planteados anteriormente serán comparados con los valores de producción de equipos en paralelo, presentados en el cuadro 31, en el punto 8.4 (Tiempos estimados) para los tiempos y las distancias con los valores presentados en el cuadro 32, en el punto 9.1 (Situación actual), recordando que estos valores solo son del movimiento de transporte fuera del módulo, por lo que el impacto sería aun mayor si se comparan con los movimientos totales del equipo en su etapa por producción.

Equipos	Movimientos equipos actuales [m]	Movimientos equipos propuestos [m]	Porcentaje de disminución
B-AC	84	39	53.6 %
Monoblock	118	18	85 %
B-FUN	84	39	53.6 %

Cuadro 38: MOVIMIENTOS FINALES

Equipos	Tiempos de Producción actual [HH:MM]	Tiempos de Producción propuesta [HH:MM]	Porcentaje de disminución
B-AC	4:20	2:55	32.7 %
Monoblock	3:50	1:09	70 %
B-FUN	4:27	3:00	32.6 %

Cuadro 39: TIEMPOS FINALES

Al observar los cambios que generan estos valores en los tiempos finales y en el porcentaje de disminución respecto a la situación actual, nos damos cuenta del impacto que tiene un buen *Layout* reduciendo los tiempos (de una actividad necesaria que no genera valor), lo que corresponde a una de las pérdidas abordadas en esta propuesta (Pérdidas por movimientos).

14. Identificar nuevos equipos necesarios y sus costos

14.1. Equipos necesarios

Los valores mostrados corresponden a cotizaciones entregadas por los proveedores señalados en cada caso, los valores se encuentran en pesos chilenos y corresponde al precio final en la empresa con IVA de los equipos o servicios.

14.1.1. Grúa pluma

Este equipo nace de la necesidad de izaje de equipos para la construcción del conjunto, la empresa en la actualidad ya cuenta con una grúa pluma disponible por lo que la cotización abarca costos de traslado e instalación únicamente.

- Equipo: ABUS GRÚA PLUMA LSX.
- Proveedor: INAMAR/VAPOR INDUSTRIAL
- Área de uso: Armado - Ensamble de conjunto
- N° de equipos: 1
- Costo unitario: \$ 2.017.050
- Costo total: \$ 2.017.050



Figura 45: Grúa pluma

14.1.2. Lámpara de secado

Equipo para área de pintura, realización de secado, reducción en un tiempo de 30 minutos a 2 horas 5 minutos, dependiendo el equipo (tiempo referencial: 25 minutos secado.) proporciona un secado y endurecimiento de pintura uniforme, además, se evitar inhalación de gases producto de pintura fresca en el módulo.

- Equipo: LÁMPARA INFRARROJA MODELO FY-3AL.
- Proveedor: COMERCIAL CLICK E.I.R.L.
- Área de uso: Pintura
- N° de equipos: 1
- Costo unitario: \$ 416.500
- Costo total: \$ 416.500



Figura 46: lámpara de secado

14.1.3. Bins

Equipos para transporte de componentes a la línea de producción, con ellos se logra una reducción en tiempo de 1 a 10 minutos, elimina movimientos perjudiciales para la salud y seguridad del operador, eliminar un mal uso de equipos de izar al levantar los componentes y llevarlos a la línea, además, un aumento en la seguridad del equipo, ya que cada vez que es levantado existe una posibilidad de que caiga o golpee algo o a alguien, afectando al equipo y la seguridad de operadores en cercanías.

- Equipo: Pallets Metálicos.
- Proveedor: Shenzhen Guangzhichao Shelf Industry Development Co., Ltda
- Área de uso: Armado
- N° de equipos: 20
- Costo unitario: 79.50 USD (FOB Shenzhen)
- Costo total: USD 1.590,00 + 471,32 USD (Gastos traslado) = \$ 1.487.654 (Valor USD: 1 de septiembre)

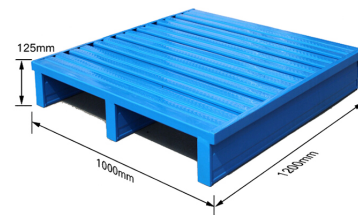


Figura 47: Pallet metálico

14.1.4. Carros Monoblock

Carro con la posibilidad de trasladar el equipo terminado inmediatamente después de completar el ensamble para enviarlo a pintura y de pintura a área de producto terminado, se logra una reducción en un tiempo de 58 minutos, disminución de la dependencia de la grúa horquilla y un aumento en la seguridad del equipo, ya que cada vez que es levantado por la grúa existe una posibilidad de que caiga o golpee algo o a alguien, afectando al equipo y la seguridad de operadores en cercanías.

- Equipo: Mesa elevadora manual móvil.
- Proveedor: Dosset Odiseo
- Área de uso: Pintura
- N° de equipos: 2
- Costo unitario: € 964,37 (EX-WORKS,08130 STA.PERPETUA - ESPAÑA)
- Costo total: € 1928,74 + 760,28 USD (Gastos traslado) = \$ 2.084.357 (Valor USD,€: 1 de septiembre)



Figura 48: Mesa elevadora

14.1.5. Carros B-FUN y B-AC

Carro móvil sobre el cual se realiza el ensamble de conjunto y puede ser transportado por el mismo operador al terminar el ensamble, se logra una reducción en un tiempo de 20 a 26 minutos, disminución de la dependencia de la grúa horquilla, y un aumento en la seguridad del equipo ya que cada vez que es levantado por la grúa existe una posibilidad de que caiga o golpee algo o a alguien, afectando al equipo y la seguridad de operadores en cercanías.

- Equipo: Carro transporte y ensamble.
- Proveedor: IPF Ingeniería Ltda.
- Área de uso: Ensamble conjunto - Pintura.
- N° de equipos: 9
- Costo unitario: \$ 565.250
- Costo total: \$ 5.087.250



Figura 49: Carro móvil

14.1.6. Estaciones de trabajo

Estación mencionada en el punto 11 (Realizar nuevo *Layout* del módulo) donde los beneficios son que los equipos de uso diario están en la estación de trabajo, logrando una mejor estandarización del trabajo (se eliminan pérdidas por fabricación de productos defectuosos), una mayor independencia de módulo y la posibilidad de incorporar un área de recepción de bases y motores en módulo. El bosquejo es agregado a anexos 65 para su mejor visualización.

- Equipo: Estación de trabajo.
- Proveedor: IPF Ingeniería Ltda.
- Área de uso: Armado
- N° de equipos: 7
- Costo unitario: \$ 1.701.700
- Costo total: \$ 11.911.900

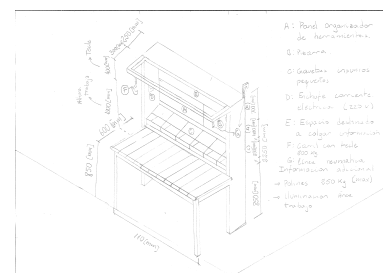


Figura 50: Estación de trabajo

14.1.7. Llave de cinta

Adquirir una herramienta de sujeción del eje (llave de cinta) al momento de dar el torque a la bomba sin que haga un efecto dañino en el eje de la bomba solicitados, esta provocará una reducción en tiempos de 2 minutos y un aumento en la calidad de los equipos al no dañar un componente para posteriormente repararlo.

- Equipo: ELORA LLAVE CINTA 280 MM
- Proveedor: FERAM
- Área de uso: Armado
- N° de equipos: 2
- Costo unitario: \$ 37.411
- Costo total: \$ 74.822



Figura 51: Llave cinta

14.1.8. Pistola neumática

Adquirir nueva pistola neumática con menor peso y regulación de torque para facilitar la tarea, con esta se logra reducción en un tiempo de 1 a 3 minutos, y un aumento en la seguridad y salud al reducir los esfuerzos realizados por los operadores.

- Equipo: CHICAGO PNEUMATIC LLAVE IMPACTO ANGULAR MANDO DE 1/2" DE 34-224NM 16CFM CP7737
- Proveedor: FERAM
- Área de uso: Armado
- N° de equipos: 2
- Costo unitario: \$ 216.512
- Costo total: \$ 433.024



Figura 52: Pistola neumática

14.1.9. Carro de herramientas

Adquirir un carro de herramientas independiente para el área de armado de monoblock, logrando una reducción en un tiempo de 5 minutos, mayor calidad y estandarización de equipos al trabajar con herramientas especiales para la actividad y no depender de herramientas de otras áreas.

- Equipo: SATA CARRO PARA HERRAMIENTA DE 680X458X860 MM P/240 KG
- Proveedor: FERAM
- Área de uso: Armado
- N° de equipos: 1
- Costo unitario: \$ 483.962
- Costo total: \$ 483.962



Figura 53: Carro de herramientas

14.1.10. Cepillo de lavado

Adquirir un cepillo de lavado que impregne de desengrasante las piezas mientras se puede limpiar con él mismo el componente, con él se podrá lograr una reducción en tiempos de hasta 2 minutos y un mejor uso a los recursos existentes.

- Equipo: Cepillo Giratorio WB 100
- Proveedor: KARCHER CHILE
- Área de uso: Armado
- N° de equipos: 3
- Costo unitario: \$ 34.990
- Costo total: \$ 104.970



Figura 54: Cepillo de lavado

14.1.11. Estaciones lavado pequeñas

En el punto 11 (Realizar nuevo *Layout* del módulo) durante la realización del módulo se observó como se puede mejorar la independencia de las estaciones de trabajo al constar con estaciones de lavado pequeñas en distintas zonas estratégicas, disminuyendo los traslados y optimizando los espacios.

- Equipo: Lavadora de Piezas Mecánicas 20 Galones TR4001-20.
- Proveedor: Mi ferretería
- Área de uso: Armado
- N° de equipos: 3
- Costo unitario: \$ 130.000
- Costo total: \$ 390.000



Figura 55: Estación de lavado

14.1.12. Apilador eléctrico

Opción de cambiar la grúa horquilla por un apilador eléctrico, con esto se aumenta la seguridad del personal y equipos al tener un mayor control de los movimientos.

- Equipo: apilador eléctrico modelo EXV16-SF.
- Proveedor: DERCOMAQ
- Área de uso: Todo el módulo
- N° de equipos: 1
- Costo unitario (Arriendo mensual): \$ 416.500
- Costo total (Arriendo mensual): \$ 416.500



Figura 56: Apilador eléctrico

14.2. Costos totales

Los costos totales atribuidos a nuevos equipos corresponden a: \$ 24.491.489 fijos (solo una vez) más \$ 416.500 mensuales por arriendo de equipos.

15. Cuantificar mejora de productividad total en unidad monetaria

Para identificar una mejora productiva primero se debe visualizar la producción actual.

Equipos	Porcentaje de producción
B-AC	7.2 %
Monoblock	33.4 %
B-FUN	59.4 %

Cuadro 40: PRODUCCIÓN DE EQUIPOS POR TIPO

Los porcentajes de producción se calcularon en base a información entregada por la empresa de producción del año 2019 (enero-agosto), donde además se calculó una producción promedio de 5.7 equipos diarios entre los meses enero y julio (Temporada baja, periodo en que se realizaron las mediciones) y una producción promedio de 11.1 en el mes de agosto (Temporada alta), Temporada alta cuenta con el ingreso de 2 operadores (Técnico directo al módulo y ayudante de producción para ingreso de insumos) y con la realización de una mayor cantidad de horas extras.

Al efectuar un análisis entre los tiempos por equipos medidos y los datos estadísticos (Se realizarán con las mediciones estadísticas del mes de julio, ya que fue en este mes que se realizaron las mediciones, promedio = 7.05 bombas diarias) se puede estimar la cantidad de horas extra que son realizadas por ayudante de producción, en trabajos como pintura, limpieza de componentes y preparación para verificado o con horas extras a la jornada laboral (en temporada baja), como los tiempos medidos son a partir del armado, se estima en base a la información obtenida en mediciones al operador 1 por jornada, que el 50 % del tiempo efectúa labores ligadas a la recepción, verificación y enviado a mecanizado, por lo que se cuentan para efectos de cálculo con 3.5 operadores. Cálculo realizado con tiempos promedio por equipos presentados en punto 6.3.

$$N^{\circ} \text{ de operadores} \cdot \text{Horas jornada} + \text{Horas extra} = \text{Producción promedio diaria} \cdot \text{Tiempo por equipo} \quad (3)$$

por lo que se determina una cantidad de 78 horas extra mensuales para cumplir con los promedios (estos valores solo representan una estimación).

Replicando la ecuación (1), donde ahora la variable a encontrar es la producción promedio diaria asumiendo que el ayudante de producción trabajará en un 75 % en función de área bombas estándar y manteniendo la información en base al operador 1 (50 % relacionado a actividades previas a armado), se hace el cálculo en base a 4.25 operadores, sin contar horas extra (Solo 8 horas jornada laboral, menos 15 minutos reuniones y 20 minutos en vestuarios, tiempos promedio para estas actividades) y variando el tiempo por equipo ajustado por los propuestos del nuevo plan, se determina que:

$$\text{Producción promedio diaria} = 13.3 \text{ equipos diarios} \quad (4)$$

Promedios diarios	Actual (7.1)		Estimada (13.3)	
Equipos	Tiempo	Cantidad de equipos diarios	Tiempo	Cantidad de equipos diarios
B-AC	4:20	0.5	2:55	1
Monoblock	3:50	2.4	1:09	4.4
B-FUN	4:27	4.2	3:00	7.9

Cuadro 41: PRODUCCIÓN ESTIMADA

Tiempos consideran actividades a partir de armado, excluyendo tiempo de actividades previas, estas actividades son consideradas en la estimación de un 50% del tiempo de la jornada laboral del operador 1. Estimación presenta un 100% de eficacia del módulo, valor que es solo teórico.

Esto significa aumentar la producción en un 88% en el módulo ensamble de bombas centrífugas.

Es importante considerar junto con el aumento de la producción, la existencia de una demanda para esta, puesto que no serviría aumentar la producción si no se tiene una demanda para esto. Este no es el caso ya que se puede observar como el mes de agosto la producción aumenta a un promedio de 11.1 equipos diarios, los cuales son logrados con horas extra y personal extra a las líneas para refuerzo.

A modo de ejercicio y evaluación del nuevo modelo de montaje se hará una comparación entre la carga actual que presenta el módulo, donde se tomara como carga máxima un promedio de 7.1 equipos diarios, valor seleccionado al ser el mayor logrado en temporada baja (sin personal extra) y la carga que se tendría el módulo con el nuevo modelo, con una capacidad del 100% el valor antes mencionado (13.3 equipos diarios), esto se evaluará en distintos meses del año de acuerdo a la producción obtenidas el año 2019, lo que será útil para la toma de decisiones a nivel de producción, dando la posibilidad de comparar ambos modelos, manejar desplazamiento planificado de operadores a otros módulos o un mejor manejo de vacaciones o días libres, además, facilitar la planificación de producción.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Promedio
Producción año 2019	4.9	4.8	3.4	6.5	7.0	6.6	7.1	11.1	6.4
Carga actual [%]	69 %	68 %	48 %	92 %	99 %	93 %	100 %	156 %	90 %
Carga estimada [%]	37 %	36 %	26 %	49 %	53 %	50 %	53 %	83 %	48 %

Cuadro 42: CARGA MENSUAL

En base a la producción anual del año 2018 por parte de la empresa se estimará el crecimiento de la demanda al ser estos valores comparados con los del 2019 para las mismas fechas, obteniendo así las nuevas cargas anuales estimadas que tendrá la línea, al comparar los datos estos entregan que el módulo presenta un crecimiento del 6.5% respecto al 2018 a la misma fecha (9 meses), con una disminución del 10% en equipos B-AC y 13% en equipos monoblock y un aumento del 23% en equipos B-FUN.

Como estos son los únicos valores que se manejan en cuanto a producción de equipos se asumirá un comportamiento lineal en base a este crecimiento.

Para la cuantificación de la mejora se utilizará el valor de 13.1 equipos diarios, puesto que es el máximo que permite el nuevo módulo y se comparará con el máximo que permite el módulo actual en temporada baja (para mantener el mismo número de operadores). Para esto usaremos los valores entregados por el cuadro 40 y los valores en dólares promedios por cada equipo, valor calculado en base al valor de venta de productos durante el 2018.

Equipos	Valor promedio equipos USD	Cantidad de equipos diarios actual (7.1)	Cantidad de equipos diarios estimada (13.1)
B-AC	4.668,76	0.5	1
Monoblock	1.442,91	2.4	4.4
B-FUN	3.156.71	4.2	7.9

Cuadro 43: VALORES PROMEDIO POR EQUIPO

Lo cual representa un aumento de 16.900 USD diarios, esto en 250 días laborales al año significa un aumento de 4.225.000 USD. anuales.

Para el calculo del aumento de productividad total, considerando la ecuación (2), presentada en el punto 6.2.1 Productividad total, se compara la situación actual con la esperada por la propuesta, este valor no pudo ser calculado numéricamente, ya que la empresa prefirió mantener confidencialidad en valores necesarios para el calculo, sin embargo, se realiza una tabla comparativa de ambas situaciones:

Entrada	Actual	Propuesto
Mano de obra	4 Op + 78 Hrs. extra	4 Op
Materiales	X	X · 1,87
Espacio	263 m2	218 m2
Tiempo (mensual)	160 Hrs	160 Hrs
Costo inversión	\$0	\$24,5 M
Costo mensual	\$X	\$X+0,4M

Salida	Actual	Propuesto
B-AC	10	20
Monoblock	48	88
B-FUN	84	158

Cuadro 44: Productividad total

Si bien, no se puede calcular el valor, se estima que efectivamente existirá un aumento considerable ya que aspectos considerables como el espacio y la mano de obra se reducen mientras que los valores que aumentan son propios de un aumento en los productos realizados y bajos costos de inversión y operación.

16. Evaluar impacto en otros módulos

Se realizará un listado de las principales áreas que se verán afectadas y el impacto que se generan en estos espacios.

Almacén: Se duplican las zonas de entrega de insumo llegando a ocho espacios distintos, esto producto de que el área ensamble de bombas centrífugas tendrá sus propios espacios de recepción de componentes, diferenciándolos por sus tipos de proceso y tipo de componente, cambios en la estructura de los bins, separando bombas monoblock de B-FUN y B-AC, demanda de un mayor orden y cumplimiento de la planificación para lograr un mejor uso del módulo, por último, se les solicitará una mayor cantidad de entrega de insumos producto de una mayor productividad.

Mecanizado: Creación de nueva área de recepción de insumos, lo cual provocará una disminución de espacios libres, lo cual debe ser contrarrestado con un mayor orden en el área.

Pintura: Si bien existe una mayor continuidad con el módulo de bombas estándar este no es el único que tiene interrelación con el área de pintura, esto produce un mayor tiempo de traslados de equipos que no sean ensamble de bombas centrífugas al ser trasladados a pintura, esto se acepta por la metodología 80/20 en donde se hace un énfasis en los módulos que mayormente ocupan el área como es el módulo ensamble de bombas centrífugas.

Otros módulos de producción: Si bien existe un aspecto negativo para los otros módulos como es la distancia al área de pintura al trasladar el módulo ensamble de bombas centrífugas a otra área deja disponibles cerca de 260 m², los cuales podrán ser utilizados para una redistribución de los demás módulos mejorando también su productividad total, realizando un trabajo similar al efectuado en esta propuesta.

Despacho: Esta área se verá afectada por un cambio de ubicación de los productos terminados, donde antes no existía un claro espacio ni responsable del producto, esto se eliminará con la nueva distribución, dependiendo de un mayor control y conocimiento del funcionamiento de este nuevo espacio.

17. Propuesta plan para continuar mejoras

Realizar este plan de acción no es el punto final para aumentar la productividad, es solo una etapa en el camino de buscar distintas mejoras continuas al proceso, ya que quedará como pendiente la segunda fase de la etapa de actuar, que es llevar a cabo el plan de acción por parte de la empresa.

Además, con esto solo se termina la primera iteración, pero al tratarse de un ciclo, este se debe continuar realizando continuamente buscando siempre mejorar el proceso hasta llegar a la excelencia en la producción, la siguiente etapa corresponde a efectuar nuevas mediciones del módulo después de la aplicación del plan propuesto.

Este plan es replicable, por lo que se recomienda realizar un plan similar en los distintos módulos de producción para después llevar a cabo un proyecto similar de mejora entre los distintos departamentos que involucran el desarrollo de un equipo, desde su venta hasta el despacho de él mismo.

Si bien los procesos disminuyeron sus tiempos, riesgos y movimientos estos aun pueden ser mejorados en el futuro. Algunos de los puntos a enfocarse para esta continua mejora son:

- Estudiar y analizar los productos no conformes.
- Controlar el cumplimiento de los tiempos y los protocolos de actividades.
- Disminuir los tiempos por actividades.
- Reducción de los inventarios internos.
- Retomar el uso de KANBAN.
- Eliminar la generación de productos defectuosos, buscando lograr una producción con 0 fallas y 0 accidentes.
- Desarrollar un completo programa de TPM (Mantenimiento productivo total).
- Generar equipos de trabajo, autónomos, capaces de generar mejoras en este y otros módulos.
- Mejorar los diseños de equipos cotizados, contemplando criterios de ergonometría y seguridad en ellos.

Con esto se buscará seguir en el camino para lograr una manufactura esbelta, y así lograr la estandarización en la producción aumentando la productividad y confianza de los clientes.

18. Resultados y conclusiones para la empresa

Un aspecto fundamental del estudio era poder reconocer pérdidas ocasionadas en el módulo de bombas estándar, para posteriormente buscar la manera de eliminarlas o minimizarlas dependiendo del caso, los 7 tipos de pérdidas mencionadas en el alcance fueron abordadas durante el desarrollo de los distintos puntos, se realizará una tabla en donde se señala el punto donde se encuentra el detalle de la pérdida y un breve resumen de cómo se trató.

La presente propuesta evidencia la importancia de las mediciones para la detección de oportunidades de mejoras, fue común durante el desarrollo del estudio escuchar frases como: “creemos que aquí existe una oportunidad de mejora”, “esto nos hace perder tiempo” o “este trabajo no lo deberíamos hacer ahora”, sin embargo, no se conocía el impacto que esta actividad o situación generaba, además, con el estudio de tiempos y movimientos se reconocieron movimientos reiterativos que provocaban un mal uso de espacios y horas de trabajo de operarios.

Tipo de pérdida	Punto en que se aborda	Propuestas frente a la pérdida
Pérdidas por paradas planificadas.	6.4.2 (Mediciones a tareas puntuales) 8 (Identificación puntos críticos)	Estas pérdidas son minimizadas al hacer un correcto uso de los tiempos destinados a las actividades. Implementación de señales en distintos puntos estratégicos para señalar los tiempos destinados a descansos y limpieza.
Pérdidas por averías en los procesos.	12 (Consideraciones para evitar tiempos de retardo)	En este punto se evalúan como evitar estas pérdidas en el futuro, optimizando el uso del nuevo <i>Layout</i> presentado.
Pérdidas por fabricación de productos defectuosos.	11 (Realizar nuevo <i>Layout</i> del módulo)	Este punto es abordado mediante el nuevo <i>Layout</i> , buscando una línea mayor estandarizada, con estaciones de trabajo y incorporación de nuevos equipos.
Pérdidas por deficiencias en la gestión.	6.4.1 (Mediciones ingreso componentes) 8 (Identificación puntos críticos)	Se buscará minimizar estas pérdidas por medio de un plan que involucra el estado, fecha y composición de los bins que ingresan a producción. Punto ampliamente abordado, eliminando pérdidas relacionadas a retrabajos, espera de operadores y espera por transporte. Además, se minimizan tiempos por secado de equipos.
Pérdidas por movimientos.	8 (Identificación puntos críticos)	Se buscará minimizar los tiempos con la implementación de estaciones de trabajo, las que reducirán los tiempos de búsqueda de documentos y optimizarán la distribución de herramientas.
Pérdidas por organización ineficiente en la línea.	11 (Realizar nuevo <i>Layout</i> del módulo)	Se buscará minimizar las pérdidas mediante la realización de un <i>Layout</i> que favorezca la continuidad de los movimientos de equipos durante su paso por el módulo.
Pérdidas por falta de sistemas automáticos.	8 (Identificación puntos críticos)	Para eliminar este tipo de pérdidas se incorporan equipos que favorecen la producción de conjuntos.

Cuadro 45: PÉRDIDAS ABORDADAS

El resultado de la reducción de las pérdidas impactó en el tiempo de procesamiento de los equipos, el cual dependiendo del tipo y de su forma de procesarlo, ya sea en paralelo con más equipos o por si solo, puede llegar hasta a un 75%, con los resultados obtenidos, además, se pueden estimar los nuevos tiempos en actividades que agregan valor, los cuales aumentarían en B-AC a cerca de 71 %, para B-FUN a cerca de 75 % y en los equipos monoblock a un 80 % sin mencionar la reducción de movimientos que se logró al mejorar la distribución de equipos de trabajo.

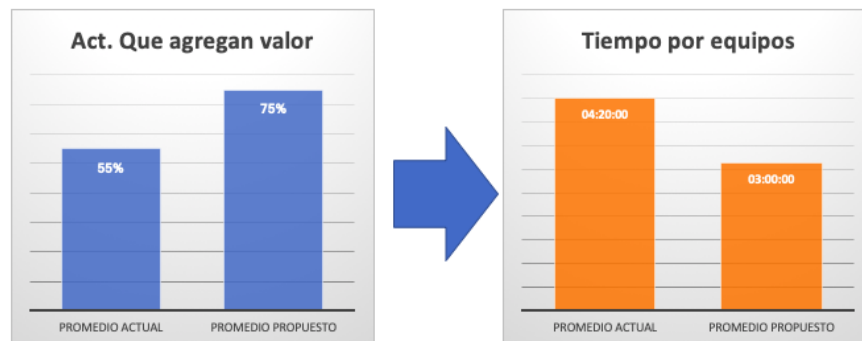


Figura 57: Impacto aumento de actividades que agregan valor

En el gráfico presentado se aprecia el impacto que tiene la propuesta, en donde al minimizar o eliminar las actividades que no agregan el valor, se minimizan de manera directa los tiempos de realización de un equipo.

Teniendo identificado la ubicación y propuesto el plan se identificaron los nuevos equipos que facilitarían el proceso y que hacen posible la ejecución de la propuesta, estas cotizaciones se realizaron a grandes rasgos llegando a un monto que hace de los \$ 24.491.489 fijos más \$ 416.500 mensuales por arriendo de equipos, valores que pueden aumentar al identificar posibles equipos no considerados en el punto.

Estos gastos se justifican con el aumento en producción esperado, donde el nuevo módulo, tiene una capacidad de producción 88 % mayor a la situación actual, considerando que en la actualidad para llegar a números de producción similares (11.1) se tienen que contratar personal extra y realizar horas extras con el personal existente, estos aumentos en la producción podrían llegar a significar un aumento de 4.200.000 USD anuales aproximadamente.

19. Conclusiones

Se puede concluir que recopilar y analizar las actividades al iniciar la propuesta resulta fundamental para el correcto desarrollo del plan de acción, ya que, en esta instancia surgen de manera inmediata información sobre la realidad de la línea, la cual, resulta útil para detectar si existen pérdidas como se esperaban y si es correcto seguir en la línea propuesta por la metodología adquirida y los objetivos planteados. El conocer tanto los tiempos y movimientos durante la realización de los equipos permite conocer de manera profunda la realidad del módulo, en donde conocer el detalle marca la diferencia para detectar y plantear oportunidades de mejora. Esta actividad resulta imposible de realizar sin tener un alcance claro y definido, siendo el foco del trabajo, pues con él, se logra delimitar la información necesaria para cumplir los objetivos y no realizar mediciones redundantes o innecesarias, las cuales implicarían trabajo y tiempo perdido.

Con la detección de los puntos críticos presentes en cada proceso, se logró optimizar el área de producción, efectuando un análisis de valor a las actividades, tiempos de realización de equipos y las tareas que agregan valor para cumplir dichas actividades, este análisis presentó un impacto apreciable en los tiempos de realización de equipos, por medio de propuestas que buscan eliminar las pérdidas y mejorar la calidad total del módulo.

Durante el desarrollo del estudio se implementaron diversas mejoras que surgieron durante el proceso, entre las que destacan la planificación de ingreso de componentes, la cual fue ejecutada como plan piloto, por su bajo costo y facilidad de ejecución y el retrabajo de roscado realizado en las bases.

La primera de las mejoras logró un gran impacto, tanto en el uso de espacios, liberando cerca de un 30% del espacio destinado en almacén interno, esto pese a aumentar la demanda y producción por tratarse de temporada alta, esto se reflejó en comentarios como “¿Bajó la producción?” por personal externo al observar el módulo ensamble de bombas centrífugas, lo que se puede interpretar como una mala relación que existe entre el desorden y creer que eso implica que se está trabajando al máximo, como en la moral de los trabajadores relacionados a labores de recepción, verificación y traslado de componentes, lo que se vio reflejado en tiempo disponible para labores en el módulo de apoyo a otros operadores y en frases como “Fue una mejora significativa”, “Sin duda estamos mejor” o “Me siento más cómodo ahora”. Esto dejando en claro que aun existe espacio para mejora, ya que aun no se llega a respetar a un 100% los 3 días máximos solicitados o que en el bins solo coexistan equipos con misma fecha de entrega, pero ambos aspectos mostraron grandes mejoras y resultados positivos para el módulo, por lo que se concluye que el plan piloto fue un éxito, validando el plan de acción propuesto, al mostrar resultados positivos en el uso de espacios disponibles, reducción de los tiempos destinados al orden por los operadores y una buena aceptación por el personal de la empresa.

Mientras que la situación de las bases no fue solucionada en su totalidad, en primera instancia se habló con el proveedor, asumiendo que el problema era por pintura en los roscados, esto fue solucionado con tapones al momento de pintura, pero estos no evitaron la realización del retrabajo por baja calidad del roscado, la empresa solicitó una reunión con el proveedor para asegurar la calidad del roscado al momento de ingresar, proceso que sigue en curso y espera de resultados.

Otro de los grandes impactos del presente estudio fue la resolución de los CRI, los cuales no solo fueron tomados en cuenta al momento del desarrollo de los distintos puntos sino que fueron evidenciados como una herramienta útil y eficaz a la hora de generar instancias para escuchar y permitir participación en las problemáticas y soluciones que plantea el personal del área de trabajo.

La etapa de desarrollo evidenció una realidad de las empresas, como solo alrededor del 55 % del tiempo es destinado a actividades que agregan valor al producto, porcentaje mayor a los valores esperados (Cerca del 33 %, valor mencionado por diversas fuentes como valor normal en industria), esto por diversas mejoras ya aplicadas en el área de producción, como lo fue la implementación de las 5s, la incorporación de fábrica visual o kanban en algunas áreas, sin embargo aun queda espacio para seguir avanzando y mejorar aun más estos tiempos destinados a actividades de interés.

El *Layout* final presentado nace de una selección, en donde en primera instancia se evalúa la situación actual para posteriormente analizar 3 posibles escenarios, donde dos de ellos fueron descartados por ocupar una mayor área y no favorecer la continuidad de movimientos de equipos como lo fue la alternativa c, alternativa seleccionada y con la cual se continuó el estudio, esta presentó una disminución del área de trabajo de 45 m² y la posibilidad de una reducción de cerca de 75 m los movimientos que hacen los equipos fuera del módulo, distancias al área de pintura, despacho, ingreso de componentes al módulo entre otros.

Al momento de tener claro la ubicación se continuó con el desarrollo de un *Layout* que favorezca el proceso, fue en este punto donde cobraron vital importancia las herramientas “lean manufacturing”, herramientas que favorecieron la elaboración de un *Layout* óptimo, orientado en el proceso, con celdas tipo “U” y estaciones de trabajo, además, de considerar la seguridad del personal apoyándose en literatura sobre la ergonomía en áreas de trabajo. Esto junto a señalar las principales consideraciones que se deben tener, como el cuidado de la planificación para no estorbar la continuidad de la línea y la continua participación de operadores para continuar mejorando.

Esta propuesta, con cambios de ubicación, *Layout*, equipos y métodos logró una optimización de los tiempos, que se ven reflejados en reducción de hasta un 75 % en los tiempos de desarrollo de equipos ensamblados de forma unitaria, mientras que en el caso de los equipos montados en paralelo, varía según su tipo entre un 33 % para los de eje libre y un 70 % para los equipos monoblock. Su aplicación se traduciría en un impacto económico real evaluado en USD 4.200.000 anuales, producto de las ventas de equipos provenientes del módulo, por lo que se concluye que la propuesta se debe llevar a cabo, aumentando la productividad del área ya que se logran impactos económicos importantes, más aún considerando que la inversión para su realización, que asciende a un monto fijo de \$24.491.489 fijos más \$416.500 mensuales por arriendo de equipos es baja en relación a los beneficios. Además, se espera que la implementación de la propuesta tenga beneficios a futuro, reduciendo el impacto de factores externos como la reducción de jornadas laborales o gastos por accidentes relacionados a la línea.

A la empresa se le entregó un informe de acuerdo a sus necesidades, el cual muestra la propuesta de manera breve y concisa, buscando una mayor aceptación por parte de la empresa y una simplificación en su aplicación, en ella se efectúa un listado de recomendaciones y puntos a seguir. Además, se realizó un análisis respecto al impacto que tendrán los módulos con directa relación al módulo ensamble de bombas centrifugas, de él se aprecia como la mayoría de los cambios son beneficiosos para el área de producción, sin embargo, se debe tener precaución al llevar a cabo la ejecución de la propuesta, realizar esta en conjunto con el área de almacenes para eliminar posibles problemas de gestión que surjan.

Entonces se puede concluir de manera general que se obtuvieron resultados satisfactorios, donde se comprobó, de una manera practica, que el uso de estas metodologías otorgan resultados de alto impacto para las empresas de forma eficiente, se puede extrapolar que estas acciones no solo se limitan a las pequeñas y medianas empresas, sino que, también es aplicable a las grandes industrias con mayor producción que busquen lograr un aumento en su productividad.

Con la presentación del plan se logran beneficios, pero hay que considerar que siguen existiendo una gran cantidad de oportunidades para seguir mejorando en la empresa y continuar avanzando hacia la excelencia operacional.

Referencias

- [1] BÉRANGER, PIERRE. *En busca de la excelencia industrial.*, Madrid, 1988.
- [2] BREGANTE, ANDRÉS. *Estudio de Tiempos y Movimientos en MP*, 2017
- [3] DPTO. ORGANIZACIÓN EMPRESAS Y MARKETING. “*Gestión de la calidad, la seguridad y el medio ambiente*”, Universidade de Vigo, España.
- [4] FULLMADERA. *Pallets plegables*. Chile.
<https://www.logismarket.cl/full-madera/pallets-plegables/5505186845-p.html#details>
- [5] GARCÍA CRIOLLO, ROBERTO; JOSÉ PANTOJA MAGAÑA. *Estudio del trabajo*, McGraw Hill, 2005.
- [6] GONZÁLEZ, FRANCISCO ALVAREZ; LÓPEZ HERRERA, LENIN. *Aplicación de herramientas lean manufacturing en procesos transaccionales.*, Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016
- [7] GRANDJEAN E. *Fitting the task to the man: An Ergonomic Approach.*, London: Taylor & Francis Ltd., 1990.
- [8] LAGOS. *Equipos Infrarrojos Lagos*
<https://cabinaslagos.com/secadores-infrarrojos-ir-taller-industria-pintura/>
- [9] LOCKYER, KEITH. *La producción industrial, su administración.*, Alfaomega, 1995.
- [10] PEREZ VERZINI, RAÚL A. *Las 16 grandes pérdidas industriales – TPM*
- [11] PRADO PRADO, JOSÉ CARLOS; GARCÍA LORENZO, ANTONIO; GARCÍA ARCA, JESÚS. *Dirección logística y producción.*, Vigo, 2000.
- [12] RAMÍREZ, ERNESTO MERCADO; TREVIÑO, ESTHER A. DÍAZ; ROJAS, MARTHA DIANA FLORES. *Productividad: base de la competitividad.*, Limusa, 1998.
- [13] SCHVAB, LUIS. *Máquinas y herramientas*, República Argentina, 2011
- [14] THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM, *Cellular Manufacturing one-piece flow for workteams for the shopfloor*, Shopfloor series, 1999.
- [15] THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM, *Pull Production for the shopfloor*, Shopfloor series, 1999.
- [16] VILLARREAL E., CARMEN. *La ergonomía es parte del diseño industrial.*, Universidad de Monterrey, México.

Anexos

Evidencia fotográfica



(a)



(b)



(c)



(d)

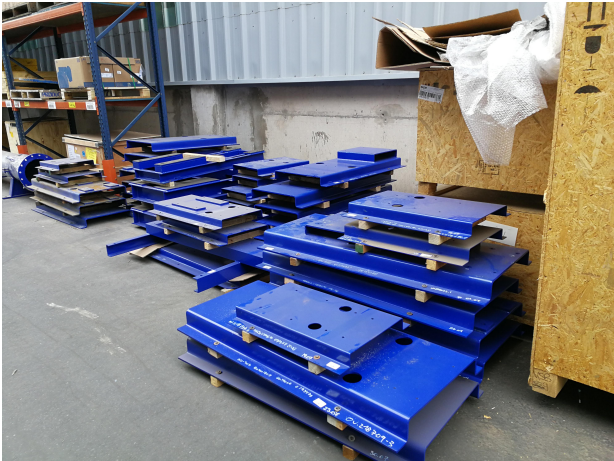
Figura 58: Evidencia puente grúa.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 59: Evidencia almacenamiento interno.



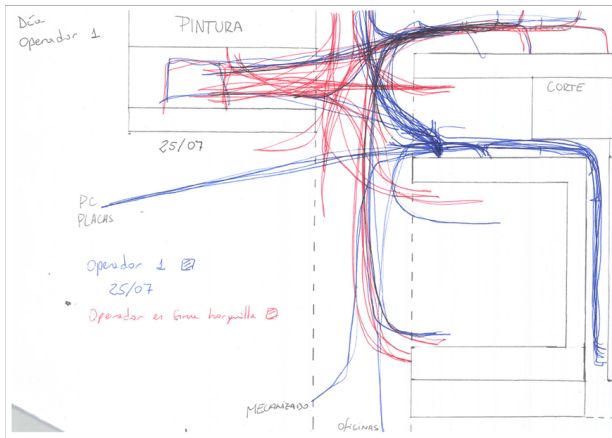
(a)

(b)

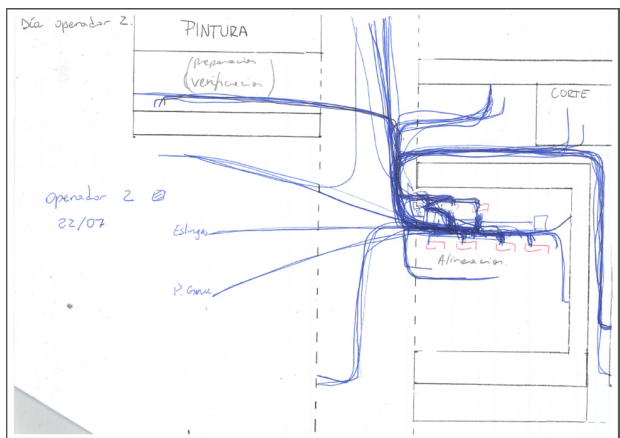


(c)

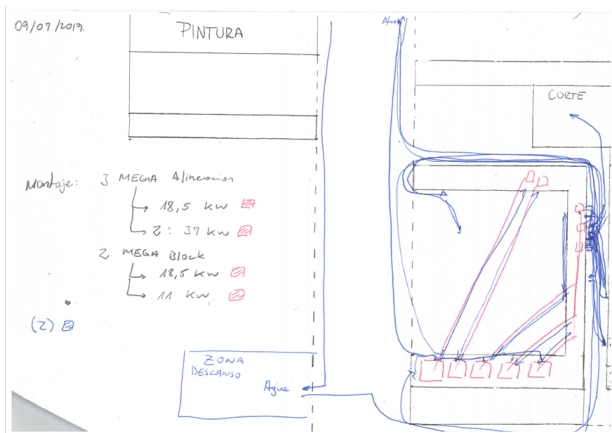
Figura 60: Evidencia rectificando base.



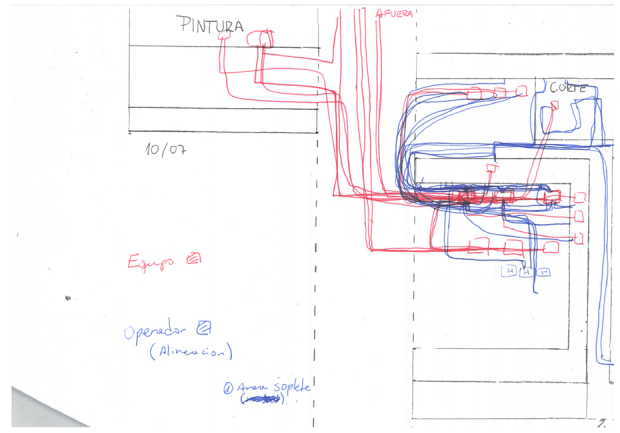
(a)



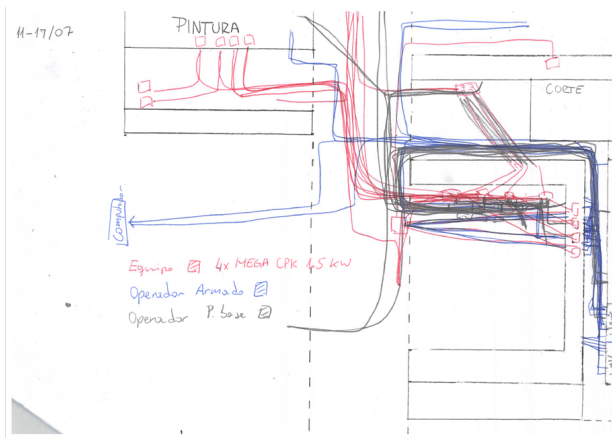
(b)



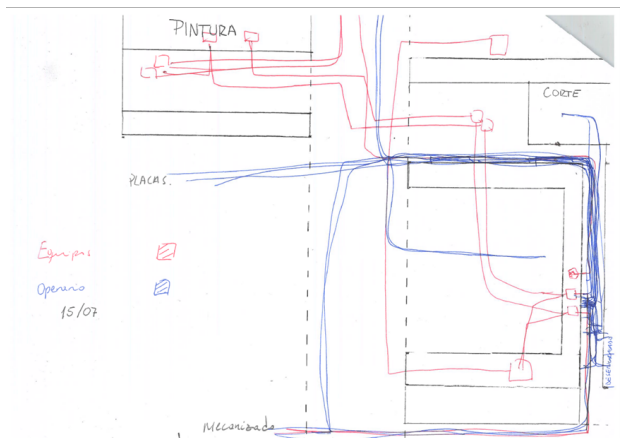
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 61: Diagrama espagueti



(a)



(b)



(c)

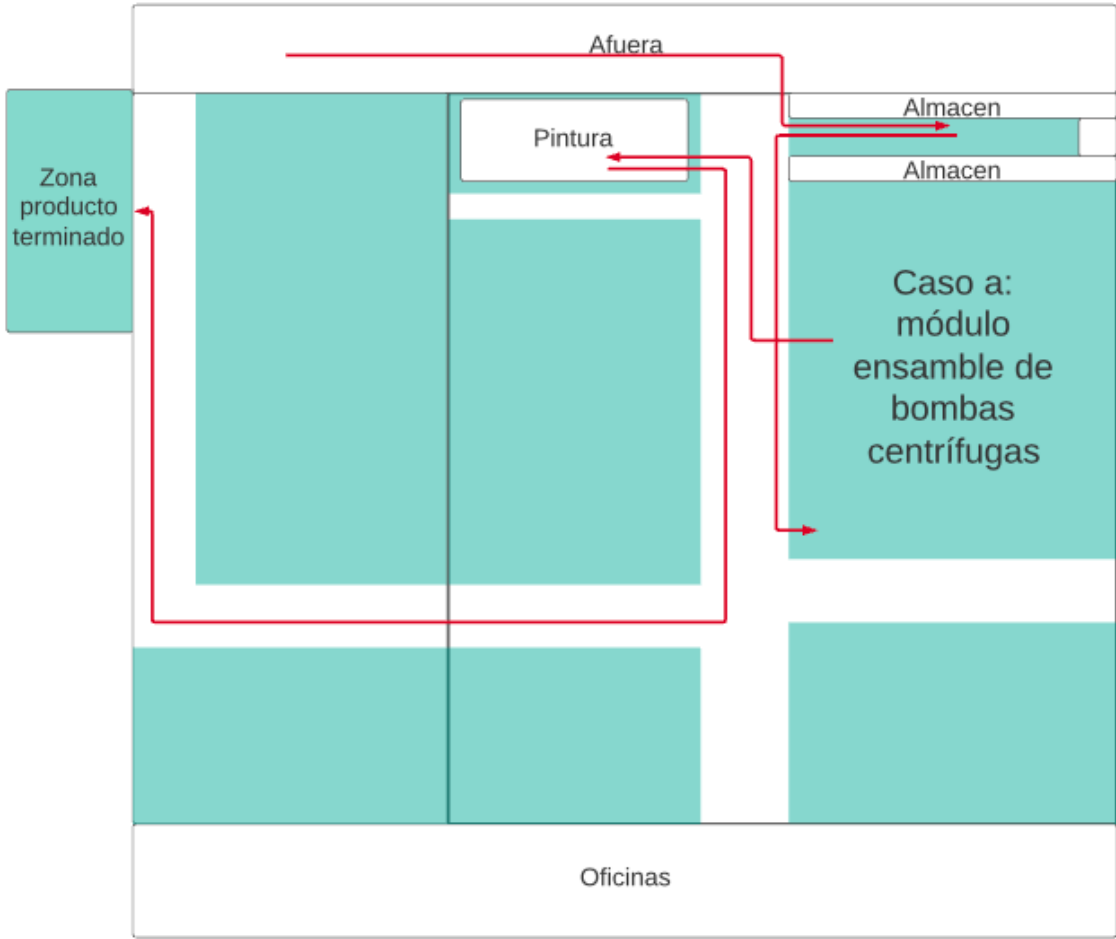


(d)

Figura 62: Evidencia máquina lavado.

CRI	personal	area	Bomba	Estandar.
				31 08:43.
1	BW con berendas mas bajas (4)			1
2	como para mover de alineacion a pintura (4)			4
3	Operador logistico (B. Pozo)			3
4	repase de hilo eliminacion (2)			5
5	como transporte Alineacion - pintura (2)			4
6	trabaja Alineacion sin dependencia (1)			4
7	orden en recepcion (1)			3
8	zona verificada (1)			6
9	rosca de base (1)			5
10	en las bases tomar nota de las desviaciones para sacar medidas (1)			3
11	Automatizacion pintura (J.P.)			6
12	Linea continua pintura - secado - verificado (Sistemas integrados)			6
13	Operador logistico (1)			3
14	Aplicador manual de pintura (5)			1
15	espacio para pintura (5)			6
16	laminas y pernos mas cerca (2)			2
17	Compu. mejora. Juntos tiempo de realizacion (3)			1
18	enchufe para mejorar la disipacion (4)			6
19	Alta de boro (7) pintura			1
20	problemas en linea boro y polvos (4)			6
21	maquina en pintura (7), chicharra			2
22	falta de Armario de herramientas cerrado en pintura / perdida de herramientas			1
23	mantencion a como lavado de piezas y actualizacion de sistema (4)			4
24	herramienta para eje			
25	hacer Alineacion.			③
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
6-4	Traslado Operador pintura o operador logistico			

Figura 63: CRI recolectados en módulo ensamble de bombas centrífugas.



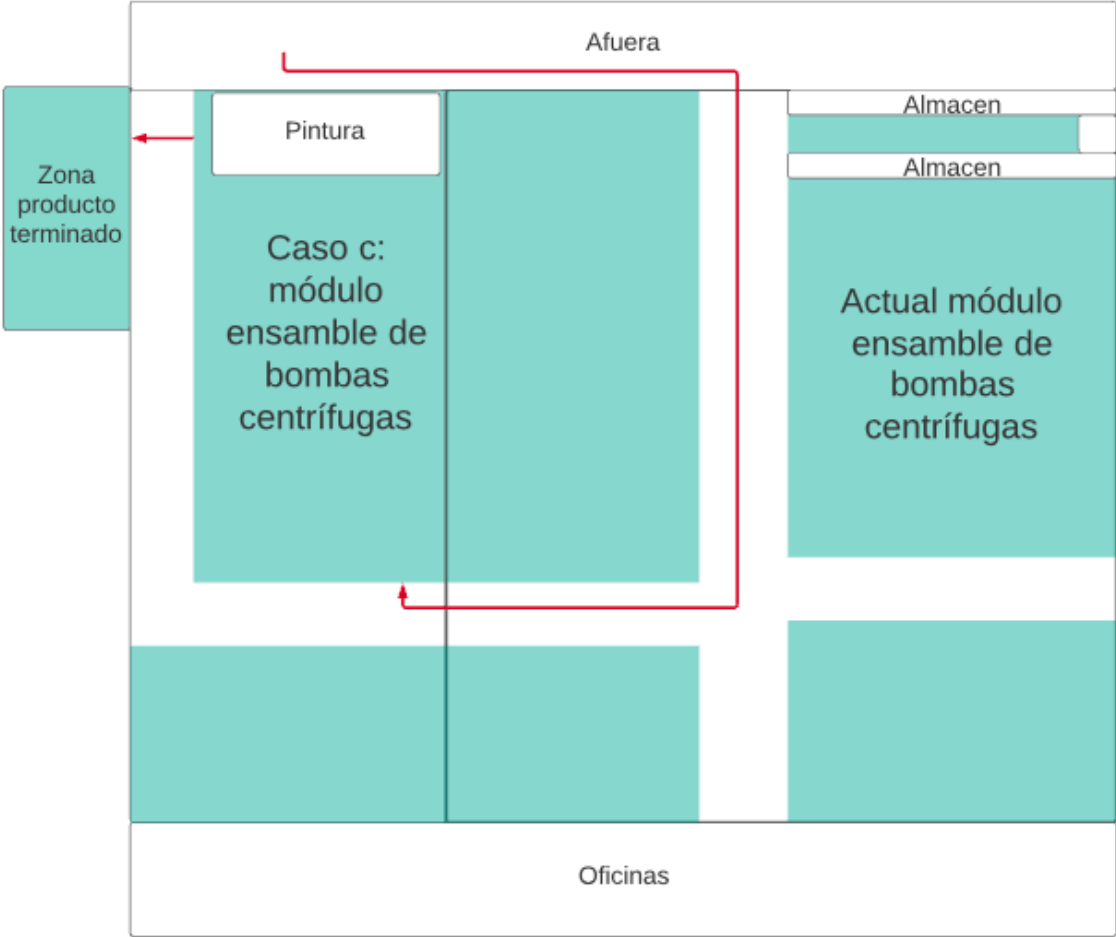


Figura 64: Propuestas ubicación

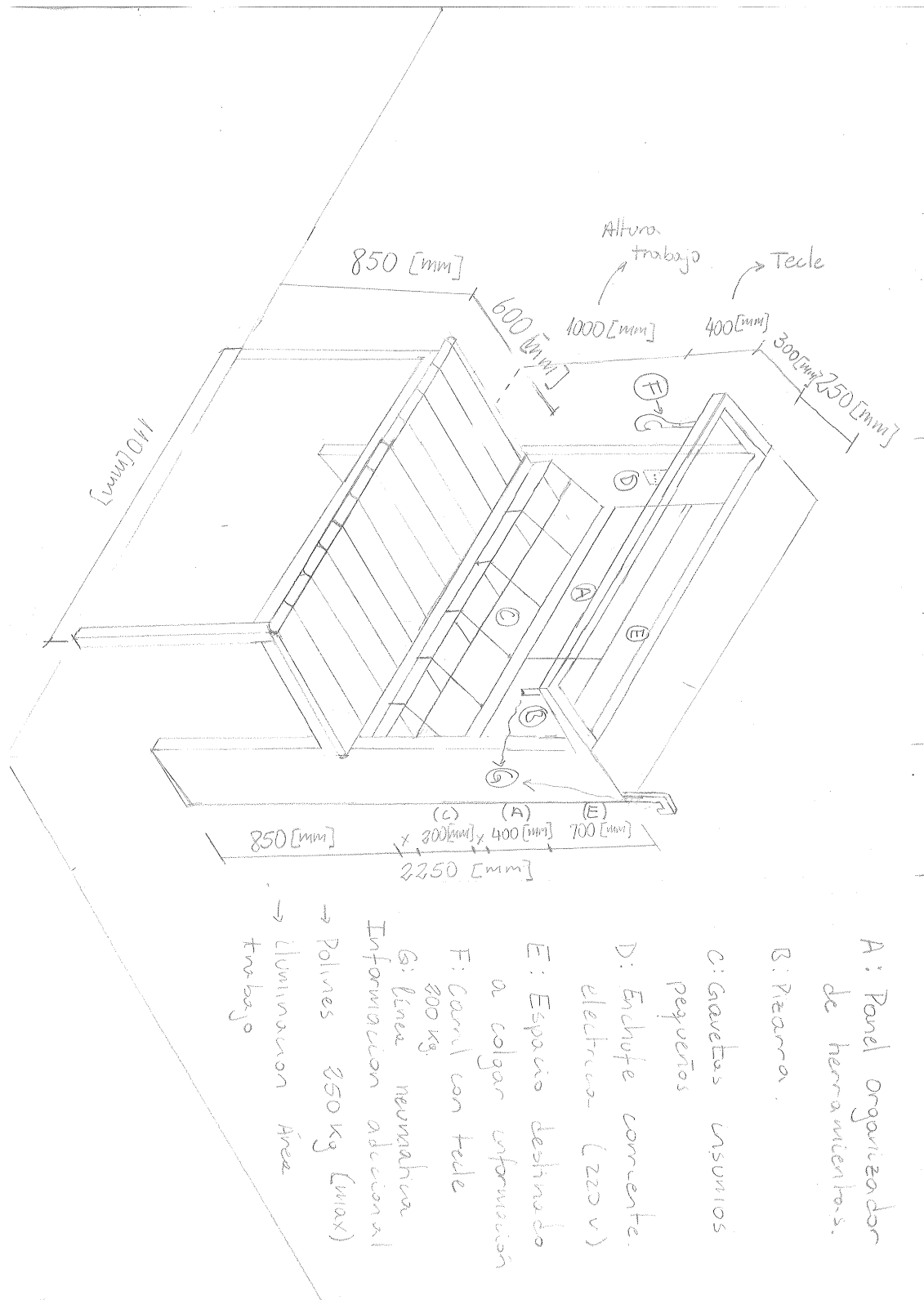


Figura 65: Bosquejo estación de trabajo

Documentación facilitada por empresa

MATRIZ DE COMPETENCIAS TÉCNICAS DEL PERSONAL DE PRODUCCIÓN DE BOMBAS Y VALVULAS		Criterio de evaluación: 1= No cumple / 3= Cumple										
		1 Deficiente Hay una necesidad, pero no se está alcanzando. KSB b.										
		2 No aplica Hay una necesidad, se está alcanzando completamente										
		3 Cumple Hay una necesidad, se está alcanzando completamente										
		CALIFICACIÓN DEL PERSONAL										
		B. Standard	B. Especiales			B. de poco	Mecanizado	Valvulas	Varios			
		V. Acabado	D. Soldadura	N. N. (1)	N. N. (2)	N. N. (3)	N. N. (4)	N. N. (5)	N. N. (6)	N. N. (7)	N. N. (8)	N. N. (9)
Bomba	Megatom	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Megabloc	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Esabloc	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Megadest	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mega-Cpk	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bomba Verticales	Upe 150	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Upe 150	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Upe 200	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Upe 250	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Upe 300	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bomba Especiales	MTC	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	WVL	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	WPL	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Omega	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Elanorm	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bomba	Megaflex	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	RCL	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Senatic	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Amara KRT	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Acta planar	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bomba	LEC	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	LSA	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Megaslurry	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Hymat	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Armad y desarme de bomba movilec	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Varios	Base estacion	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Rad de incendio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	2.- MONTAJE DE SELLOS											
	Tipo A (B)											
	Tipo B											
Tipo de sellos	MT	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	MT1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	MT2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	MT3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	MT4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3.- FABRICACION DE MIFAS	Mifa estandar	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mifa cliente	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Mifa estacion	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4.- MONTAJE DE VALVULAS											
	Tipo A											
Tipo B												
Tipo de montaje	Mano	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Eléctrico DM	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Eléctrico Auma	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Eléctrico Robot	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Neumático	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
EL PERSONAL QUE NO CUMPLE, DEBE SER CAPACITADO DE ACUERDO A PAUTA DE TRABAJO												

(a)

MATRIZ DE COMPETENCIAS TÉCNICAS DEL PERSONAL DE PRODUCCIÓN DE BOMBAS Y VALVULAS		Criterio de evaluación: 1= No cumple / 3= Cumple										
		1 Deficiente Hay una necesidad, pero no se está alcanzando. KSB b.										
		2 No aplica Hay una necesidad, se está alcanzando completamente										
		3 Cumple Hay una necesidad, se está alcanzando completamente										
		CALIFICACIÓN DEL PERSONAL										
		B. Standard	B. Especiales			B. de poco	Mecanizado	Valvulas	Varios			
		V. Acabado	D. Soldadura	N. N. (1)	N. N. (2)	N. N. (3)	N. N. (4)	N. N. (5)	N. N. (6)	N. N. (7)	N. N. (8)	N. N. (9)
6.- CONOCIMIENTOS VARIOS	Especialidad Mecánica	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Experiencia Electricidad	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Experiencia en el rubro	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Eliminación de espesores	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Conocimientos e interpretación de planos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Uso y conocimientos en pa de medio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Uso y conocimientos en sold conoanador	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Uso y conocimientos en liera torque	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Uso y conocimientos en martilloanero	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Uso y conocimientos en megahmetro	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Conocimientos en normas de flanges	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Conocimientos en grua	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Conocimientos en ISO 9001	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Conocimientos en ISO 14001	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Conocimientos en OHSAS 18001	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Licencia de grua horquilla	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Capacitación en puente grúa	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Capacitación en cerchero	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Conoce y tiene el reglamento interno	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
7.- SISTEMA INTEGRADO DE GESTION												
ISO 9001												
Identifica los artículos críticos												
Sabe lo que implica una entrega defectuosa												
Revisa los artículos antes de armar												
Revisa el plano de identificación												
Revisa que todos los artículos estén identificados												
Sabe si los instrumentos están certificados												
Si encuentra una desviación realiza PNC												
Revisa el uso de herramientas e instrumentos												
Si realiza una modificación lo respalda												
ISO 14001												
Identifica todos los residuos												
Identifica los residuos peligrosos												
Sabe que hacer en caso de derrame												
Sabe que hacer en caso de emergencia												
OHSAS 18001												
Tiene inducción en derecho a saber												
Conoce los riesgos de su área de trabajo												
Conoce los PTS de su área de trabajo												
Conoce los riesgos de las herramientas neumáticas												
Conoce los riesgos de las herramientas eléctricas												
Conoce los riesgos de las herramientas mecánicas												
EL PERSONAL QUE NO CUMPLE, DEBE SER CAPACITADO DE ACUERDO A PAUTA DE TRABAJO												

(b)

Figura 66: Matriz competencias técnicas del personal de producción.

